ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN V ABRIL 1946 NUMERO 18

La función social de la ciencia

Los avances realizados durante la guerra en el estudio de la aplicación de los principios científicos han acabado por convencer a todos del hecho de que, por fortuna o por desgracia, la Ciencia se ha convertido en un factor dominante en la vida diaria de todas las gentes. Los Gobiernos de las Naciones Unidas prestan, y con razón, grave atención al papel que han de representar en el futuro la Ciencia y los científicos en la vida nacional, y es de esperar que lleguen a importantes acuerdos durante los meses próximos. Sería muy de lamentar que la actual preocupación con los problemas relacionados con la difusión, control y utilización de la energía atómica sirviese para ocultar la urgente necesidad de volver a plantearse el problema total del futuro de la Ciencia. Y es así mismo urgente la necesidad de llevar a cabo esta revisión en una atmósfera libre de todo prejuicio político.

Al analizar varios estudios recientes sobre la función social de la Ciencia, se hallará que la mayoría trata de un tema de mayor especialización: la función social de la Ciencia aplicada; lo cual es sólo parte del problema. En el presente número publicamos un artículo de E. F. Caldin que significa una contribución meditada y objetiva del problema en su totalidad. Nos presenta, en particular, el Sr. Caldin la distinción que existe entre la fundamental investigación científica, el estudio de sus aplicaciones, y la Tecnología. Y lo que no se conoce de una manera general fuera de los círculos científicos es que el progreso de la Ciencia durante la guerra ha quedado reducido casi al campo de sus aplicaciones, de modo que hemos vivido, por así decirlo, del capital de nuestros conocimientos. Y si hemos de mantener la apresurada marcha del progreso del estudio de sus aplicaciones, tendremos que volver, por necesidad, a nuestro anterior programa de investigación fundamental, para la cual están mejor equipados los laboratorios universitarios, y en la que están tomando gran interés — con certera visión del futuro — las grandes corporaciones industriales.

La incapacidad de reconocer la vital importancia de la investigación fundamental, por la cual entendemos la investigación de los fenómenos naturales indiferentemente de sus fines utilitarios, parece hallarse a la base de las vociferantes demandas que en ciertas partes se presentan para el establecimiento de un control gubernamental de la investigación. A la larga, tal control acabaría por ser contraproducente, ya que ¿quién es capaz de dirigirnos por un camino desconocido que conduce a un término también ignoto? Sólo en el campo de la ciencia aplicada puede ejercerse la dirección, porque allí el problema es la aplicación de un conocimiento ya existente a la satisfacción de determinadas necesidades. Dicho tipo de investigación se lleva a efecto extensamente en laboratorios industriales, y va, en último término, dirigido por las consideraciones de la oferta y la demanda. Su pleno desarrollo depende de la previa existencia de una gran reserva de conocimientos aún por explotar, cuya obtención es una de las funciones de la investigación fundamental. Los partidarios del control citan con frecuencia la bomba atómica como uno de los ejemplos evidentes del progreso científico bajo dirección central; pero la verdad es que todos los principios sobre los que se fundamenta la bomba quedaron ya firmemente establecidos antes de la guerra por investigadores individuales, o equipos de investigadores, cuya única finalidad era la exploración de nuevos territorios del conocimiento.

La necesidad del mantenimiento y apoyo de la libre investigación fundamental presenta un problema paralelo de general interés e importancia, a saber: la situación económica del científico. Muy pocas industrias hay en el mundo que

no dependan en algo de los frutos de la investigación científica; y muchas de ellas son enteramente dependientes. Mencionemos, por ejemplo, las industrias eléctricas, del petróleo, carbón, acero, químicas y textiles; las cuales, bajo las condiciones actuales, deben al investigador académico tanto como al estudiante de sus aplicaciones, que trabaja dentro de la industria misma. A pesar de lo cual, todos saben que el científico universitario recibe, por término medio, una compensación económica mucho menor que su colega industrial de comparable capacidad. Es más, el mismo investigador industrial, si permanece en su oficio de investigador, recibe generalmente un salario menor que el de sus colegas administrativos. Y el resultado es que existe una general tentación económica que atrae a los científicos académicos hacia los puestos de investigación industrial, y de éstos a los administrativos. Por el bien de la Ciencia, de la Industria, y de la Sociedad en general, es necesario detener este dañino derrame de valioso potencial; pero no mediante imposición gubernamental, sino por medio de un adecuado reconocimiento económico del valor de la investigación, tanto pura como aplicada. La mayor parte de los investigadores consideran su trabajo por encima de todo y no van movidos por la avaricia; pero para que den lo mejor de sí deben estar libres de toda preocupación económica y poder vivir en el nivel de sus semejantes en sociedad. Hay muy pocos países, si es que hay alguno, en que esto suceda. Pero todo intento de mejora debe tener gran cuidado con el problema del control. Es esencial que dentro de la esfera de la investigación fundamental tenga el investigador plena libertad para seguir sus propias inclinaciones. Porque si se hubiesen « dirigido » los trabajos de los grandes hombres del pasado — de los Newtons, Galileos, Pasteurs, Rutherfords — sin duda alguna hubieran producido resultados de alta distinción, pero es también evidente que el mundo habría perdido algunos de sus descubrimientos más transcendentales.

Ya hemos puesto de relieve la necesidad de una más amplia interpretación para el público de la naturaleza y significado de la Ciencia como previo requisito del reconocimiento general de la importancia del científico en los asuntos del mundo. El retorno de un gran número de investigadores de los trabajos de guerra a sus actividades normales nos ofrece una nueva oportunidad para insistir en ello. Pero desgraciadamente, aunque la interpretación de la Ciencia debe ser obra del científico mismo, muy pocos han mostrado el interés necesario para intentar dicha labor, y muchos menos aún han demostrado tener la capacidad necesaria para ello. Mas hoy, es simple obligación del científico colocar dicha interpretación pública de la Ciencia en el mismo nivel de urgencia que el progreso efectivo del conocimiento. Aún considerada desde el ángulo más reducido del futuro de la Ciencia misma, es necesario abordar dicha educación del cuerpo político; porque es, a la larga, este cuerpo político el que, cada día más, soporta la carga económica de la investigación científica, y para que el actual apoyo sea mantenido, y aún aumentado substancialmente en el futuro, es justo que los interesados — los hombres de ciencia mismos — se esfuercen por hacer comprender a sus conciudadanos, en lo posible, el espíritu y resultados de la Ciencia. Lo cual es necesario, en particular, para conseguir el incremento del apoyo vitalmente necesario para la investigación fundamental. Los resultados de la ciencia aplicada — radio, teléfono, motor de explosión, aeroplano, etc. — son suficiente prueba en sí mismos de la utilidad de aquélla; pero la función esencial de la investigación fundamental es mucho más difícil de comprender, siendo necesario realizar especiales esfuerzos para hacer evidente a todos su importancia. No escasean los medios de publicidad capaces de llegar a todos los sectores de opinión, y la colaboración entre el científico y el publicista ha de producir resultados altamente valiosos para el bien general y para el avance de la Ciencia en particular. Un Consejo central de publicidad e información científica sería un caso de intromisión gubernamental contra el que no protestaría ningún científico; pero como Dios ayuda a quien madruga es de esperar que los hombres de ciencia — y especialmente los jóvenes—se dediquen decididamente a esta importante tarea de interpretar la Ciencia para los demás.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1.

La historia geológica de la Gran Bretaña

O. M. B. BULMAN

Para ser un país tan pequeño, la Gran Bretaña posee una historia geológica completa, por lo que no es sorprendente que se estableciesen en ella las bases de la ciencia geológica. La brillante interpretación del mapa geológico de la Gran Bretaña por el Dr. Bulman justifica ampliamente el principio, establecido por James Hutton en 1788, de que « la tierra puede considerarse como un organismo . . . en el cual la necesaria descomposición queda continuamente contrarrestada por el esfuerzo de los poderes de creación que la originaron».

En realidad, la superficie de la tierra no posee el alto grado de permanencia con que nos la imaginamos. Por el contrario, presenta regiones de descomposición inevitable, en las que los continuos procesos de erosión atmosférica transforman las rocas en arenas y lodos; y los ríos, medios universales de transporte, trasladan los detritus a su final lugar de descanso, el fondo del océano. Sólo al finalizar el siglo XVIII se comenzó a comprender que las rocas estratificadas son las arenas y lodos de edades pasadas, y que están por lo tanto formadas de los restos erosionales de masas de tierra pre-existentes; era el momento en que Hutton podía escribir acerca de « un sistema en el que los viejos continentes se descomponen mientras que se forman otros nuevos en el fondo de los mares ». Y esta admisión trajo consigo el principio de que el orden de superposición nos da la clave de las edades relativas de las rocas sedimentarias; simple verdad sobre la que descansa todo el estudio científico de la historia geológica.

El tiempo geológico es inmenso, aún en relación con procesos tan lentos como el de la erosión atmosférica; las colinas y los valles, considerados en tal escala de tiempo, no son sino la expresión de una fase temporal en el allanamiento de un continente hasta su transformación en un plano bajo y liso. Las masas de tierra no pueden permanecer durante mucho tiempo a una gran altura sobre el nivel del mar, mientras que los valles oceánicos de poca profundidad se rellenan de sedimentos, a no ser que la corteza terrestre sea impulsada por alguna fuerza, formando un nuevo relieve.

Geológicamente, la Gran Bretaña ha tenido la fortuna de haber pasado la mayor parte del tiempo geológico flotando al largo de un continente inestable. En verdad, puede decirse que en relación con el tamaño del país, la variedad y lo completo de los datos geológicos de los 500 millones de años, desde el comienzo de la vida en nuestro planeta, son únicos; por lo que no puede sorprender que se estableciesen aquí las bases para el estudio de la Historia geológica. De los catorce sistemas en que han dividido las rocas estratificadas los geólogos, sólo uno nos falta en esta isla.

EL MAPA GEOLOGICO DE LA GRAN BRETAÑA

Aunque situada hoy en el margen NO. del continente europeo, la Gran Bretaña presenta cierta inclinación hacia el SE., y durante la mayor parte de su historia geológica se extendía una gran masa de tierra hacia el N. y el O. La erosión de este continente hoy desaparecido produjo la mayor parte de los productos de acarreo que han venido a formar nuestras rocas sedimentarias. Con todo, y como resultado de esta persistente inclinación estructural, las rocas más antiguas se hallan expuestas hoy en la superficie del N. y NO. de la Gran Bretaña, mientras que al descender en dirección SE. pasamos, por regla general, sobre los bordes de sucesivos estratos más recientes, biselados por la erosión.

Asoman en el N. y el O. de Escocia e Irlanda, con otras emergencias menores que surgen, en apariencia al azar, a través de la cubierta de nuevas rocas en Gales, Inglaterra central y Cornualles, las antiguas rocas cristalinas y sedimentarias del período precámbrico, anteriores a cualquier tipo de vida del que podamos poseer evidentes pruebas fósiles. Esta rocas presentan una sucesión compleja que representa un intérvalo de tiempo estimado en más de 1.000 millones de años, pero aún no incluyen nada que pueda ser identificado como perteneciente a la primitiva corteza de la tierra durante el período de solidificación. Debemos considerarlas ahora, sin embargo, simplemente como el fundamento compacto sobre el que se extienden los estratos más modernos, portadores de fósiles.

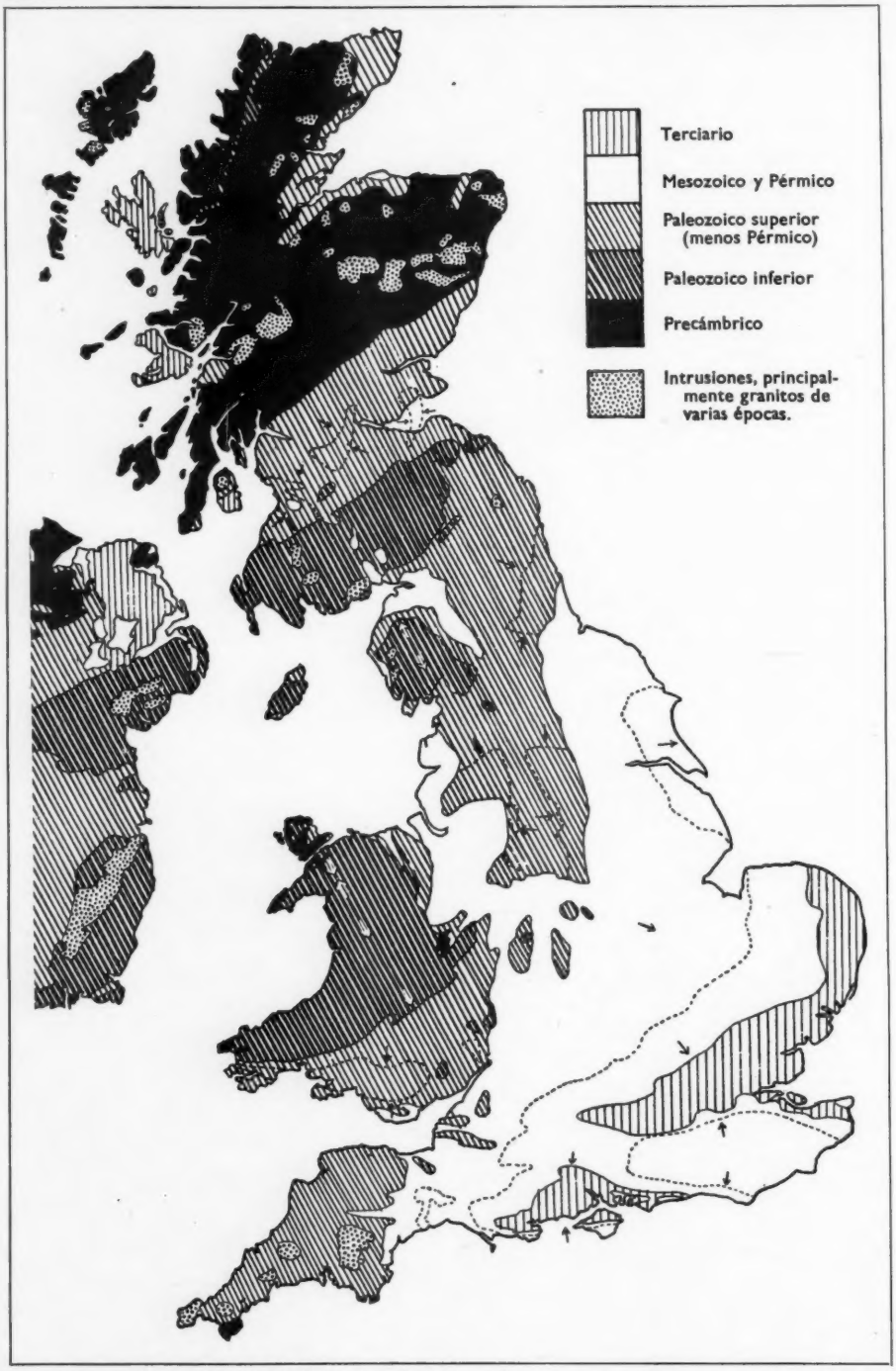


FIGURA 1 – *Mapa geológico simplificado de la Gran Bretaña en el que se muestran las rocas que aparecerían en la superficie al removerse el suelo y los depósitos cuaternarios (Edad del Hielo). El sistema paleozoico más superior, o Pérmico, aparece a menudo clasificado con el sistema triásico que le cubre, bajo el nombre de Nueva arenisca roja, y las afloraciones de rocas pérmicas se han incluído con el Triásico, en la división del Mesozoico. Los ángulos de declivio regionales aproximados de los estratos van marcados con flechas.*

Inmediatamente sobre esta formación compacta descansan las rocas paleozoicas[1] (o primarias), que asoman sobre la mayor parte del área que se extiende entre el Precámbrico escocés e irlandés y una línea trazada desde la desembocadura del Rio Tees hasta el cabo Start Point en Devon. Dichas rocas se hallan divididas en seis sistemas geológicos, tres del Paleozoico inferior y otros tres del Paleozoico superior, que en conjunto representan unos 300 millones de años. Las divisiones inferior y superior están separadas por una discontinuidad que indica un período de intensos movimientos terrestres; las rocas del Paleozoico inferior sufrieron grandes contorsiones y erosiones antes de quedar sepultadas bajo los nuevos estratos paleozoicos. Hacia el final del Paleozoico superior, entre los sistemas Carbónico y Pérmico, se volvió a producir un cataclismo semejante, de menor violencia, pero seguido también por extensa erosión. Para mayor simplicidad se ha incluído el sistema Pérmico, en el mapa y en la relación que sigue, dentro de la división del Mesozoico[2] de modo que el límite de esta segunda gran discontinuidad coincide con el linde del Paleozoico y el Mesozoico.

FIGURA 2 – *Nombres de las Islas Británicas mencionados en el texto.*

Sobre estas dos grandes capas superpuestas de estratos paleozoicos doblados y erosionados, descansan las rocas mesozoicas (o secundarias) que representan un período de unos 120 millones de años. Forman una capa más superficial, suavemente inclinada hacia el E. y SE., cuya regularidad queda interrumpida por dos depresiones estructurales: los valles de Londres y de Hampshire, en los que los residuos de las rocas más recientes (terciarias) han resistido la erosión de la fase terrestre actual. Estos valles de poca profundidad, unidos por el arco anticlinal de las colinas del Weald, deben su formación al período de disturbios que dió origen, hacia la mitad del Terciario, a los Alpes y a los arcos montañosos del N. de la región mediterránea.

Hay innumerables discontinuidades menores en esta sucesión, unas debidas a elevaciones temporales, otras al enarenado del fondo del mar; pero las ya mencionadas son las divisiones principales en que los movimientos de la tierra han separado la columna geológica de este país.

ROCAS CUATERNARIAS

Pleistocénico

Al remover la capa superficial que recibe la vaga denominación de «suelo» debemos encontrarnos con una extensa costra de conglomerado de guijo, arcilla, areniscas y gravas sueltas que deben su origen, directa o indirectamente, a la fusión de las sábanas de hielo que cubrían gran parte de la Gran Bretaña durante la época glacial. Tales depósitos son tan comunes y aparecen tan en la superficie que se les ha omitido por completo del mapa «sólido», lo mismo que a los suelos y productos de aluvión más recientes.

ROCAS TERCIARIAS

Pliocénico (*arriba*)
Miocénico (*inexistente en la Gran Bretaña*)
Oligocénico
Eocénico (*abajo*)

Los sedimentos del Terciario aparecen confinados prácticamente a los valles de Londres

[1] Del griego *palaeos*, viejo y *zoe*, vida.
[2] De *mesos*, medio y *zoe*, vida.

FIGURA 3 – *Sección esquemática desde el N. de Gales al Weald, resumiendo las relaciones entre los depósitos de rocas sedimentarias. La escala vertical (y por lo tanto las inclinaciones y grosores) está muy exagerada, especialmente hacia el SE.*

y de Hampshire en el SE. de Inglaterra. Formaban antes parte de una superficie continua que ha quedado rota por la erosión en la cresta del anticlinal complementario del Weald. Los sedimentos son marítimos o estuariales — de poca profundidad — con algunos cauces de agua dulce hacia la región O., habiendo debido de ser depósitos de un mar no muy profundo que no se extendía mucho más allá de sus actuales límites N. y NO. La mayor parte del NO. de la Gran Bretaña era, con toda probabilidad, tierra firme, no hallándose, si seguimos dicha dirección, más rocas terciarias hasta el N. de Irlanda o las islas del O. de Escocia, donde presentan un carácter muy diferente. Aparecen allí extensos restos de derrames de lava terciaria, vertidos sobre una superficie de rocas precámbricas, paleozoicas y mesozoicas, con unas cuantas bandas o zonas de broza o suelos fósiles que contienen los restos vegetales que han servido para establecer su origen en la primera época del Terciario.

Las rocas terciarias del SE. de Inglaterra descansan por todas partes con una ligera disconformidad sobre un lecho calizo erosionado — la más elevada formación mesozoica — que indica que debió existir, entre las eras mesozoica y terciaria, tanto en este país como en el resto de Europa, un breve período continental. Dicho contacto es bien visible alrededor de los límites de los actuales valles, y lo encontramos en todas las perforaciones que se han abierto en dichas formaciones. Si levantásemos las rocas terciarias hallaríamos este área alisada por una superficie caliza (figure 5(*a*)).

ROCAS MESOZOICAS

Cretácico (*arriba*)

Jurásico

Triásico (Pérmico) } Nueva arenisca roja (*abajo*)

Podría suponerse que de continuar este proceso de «pelar» las capas superpuestas sobre el Mesozoico, acabaríamos por descubrir superficies sucesivas y continuas sobre todo el SE. inglés; en vez de lo cual hallamos que las hondas perforaciones a través de las rocas terciarias y cretácicas superiores del valle londinense no pasan a las cretácicas inferiores, sino repentinamente a los estratos paleozoicos; y así, si pelamos todas las rocas cretácicas superiores nos hallaremos con la sorprendente distribución que aparece en la figura 5(*b*). Se revela así una llanura fósil cuya existencia, a juzgar por los datos que nos da la superficie, sería enteramente insospechada, sobre la cual descansan solamente las rocas mesozoicas más superiores, y contra cuyos costados en vertiente todas estas primitivas rocas mesozoicas desaparecen gradualmente. El diferente espesor de las formaciones en cuestión, según las perforaciones, nos permite diseñar la sección de la figura 4(*a*), de la cual se deduce con claridad (mediante el aplanamiento del pliegue terciario según aparece en la figura 4(*b*)) que esta plataforma paleozoica bajo el SE. de Inglaterra debe haber persistido como una masa continental durante la mayor parte del período mesozoico. Mirado desde otro ángulo, el límite que aparece en la figura 5(*b*) se aproxima a lo que debió ser la línea de la costa oriental de los mares jurásico y cretácico inferior. Esta es la prueba de la irregularidad de la superficie sobre la cual se depositaron las rocas mesozoicas, irregularidad que fué acentuada, con toda seguridad, por los renovados movimientos y periódicas elevaciones que debieron producirse durante la era mesozoica.

Formando la base de los estratos mesozoicos se hallan gredas rojizas, las areniscas y gravas del sistema triásico, las cuales se agrupan por conveniencia, juntas con las del inferior sistema pérmico, bajo el nombre de Nuevas areniscas rojas. Dichos depósitos se acumularon en las regiones más bajas, entre los macizos montañosos del N. y O. y la plataforma paleozoica oriental, hoy soterrada.

ROCAS PALEOZOICAS SUPERIORES

Carbónico (*arriba*)

Devónico (Viejas areniscas rojas) (*abajo*)

La disconformidad que existe entre las Nuevas areniscas rojas del N. de Inglaterra y los inferiores pliegues rocosos carboníferos es quizás la más extraordinaria que se da en todo el país. Es también la mejor estudiada, debido a su

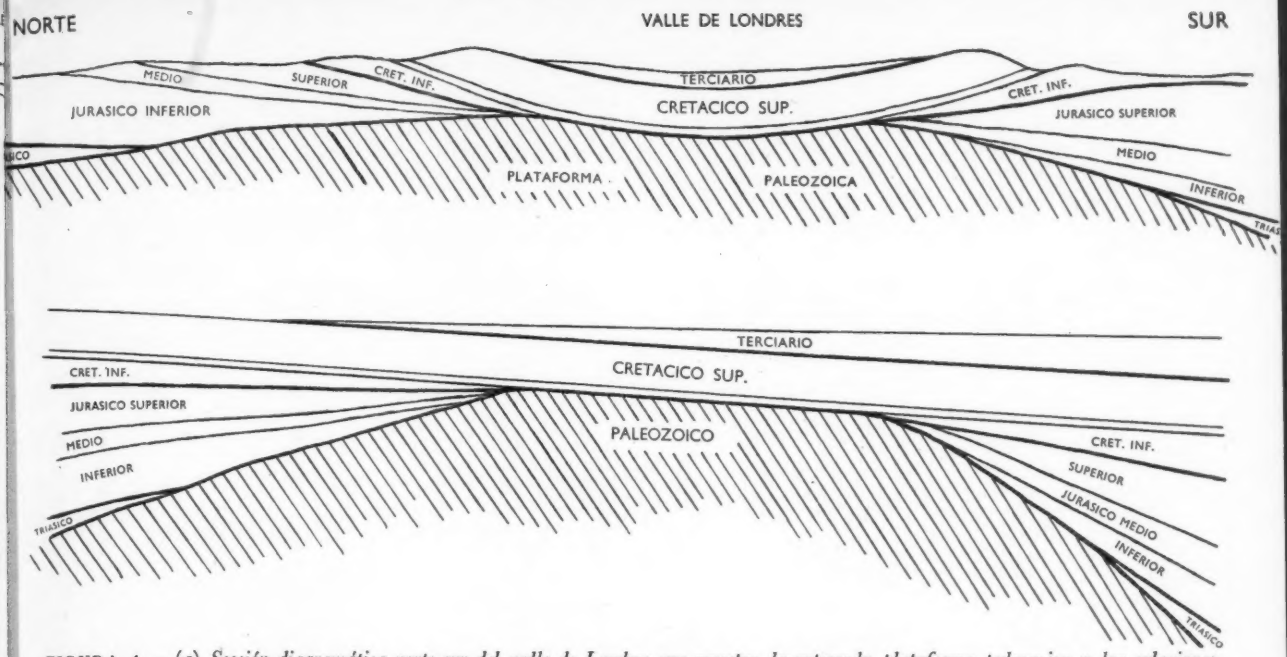


FIGURA 4 – (*a*) *Sección diagramática norte-sur del valle de Londres que muestra la enterrada plataforma paleozoica y las relaciones de las varias divisiones del Mesozoico.*

(*b*) *Lo mismo, eliminado el pliegue terciario, lo que revela más claramente el hecho de que la plataforma paleozoica fué una masa de tierra contra cuyas costas se fueron depositando las rocas del Mesozoico inferior. En ambas secciones se han exagerado las inclinaciones de los estratos.*

importancia económica en razón de la explotación de los depósitos de hulla.

Las rocas carboníferas ocupan la mayor parte del área marcada Paleozoico superior en las figuras 1 y 13, apareciendo separadas a veces de las emergencias de rocas más antiguas por una banda de Viejas areniscas rojas, aunque saltando muy a menudo sobre éstas para ponerse en contacto directo con los isleos y manchones de rocas más viejas (Paleozoico inferior de la figure 8, o Precámbrico). Si levantásemos los estratos mesozoicos hallaríamos que el área ocupada por el Paleozoico superior, y en especial por el Carbónico se extendería considerablemente, por lo que sucede que muchos de los yacimientos de carbón del Carbónico superior de los distritos mineros del centro de Inglaterra y de la región E. de los Montes Penninos son explotados bajo un caparazón mesozoico. Pero aún así, toda la superficie destapada no aparecería cubierta por rocas del Carbónico superior, bien debido a que dichas rocas no se depositasen nunca allí, o bien a que fueron erosionadas en ciertos lugares de las crestas de los pliegues con anterioridad a los depósitos de rocas mesozoicas. Tres grandes sinclinales protegieron los yacimientos de carbón contra la erosión al final del período carbónico en los depósitos, cubiertos hoy en parte y en parte descubiertos, de Durham, Yorkshire, Nottinghamshire y Lancashire. Al S. de los Montes Penninos todo un sistema complejo de líneas estructurales bajo el sistema triásico determina y separa los distintos depósitos carboníferos del centro de Inglaterra. Las rocas carboníferas se hallan ausentes en gran parte de la región meridional del centro del país, y del E., para volver a reaparecer bajo el Mesozoico en el E. de Kent y en los yacimientos semi-descubiertos de Bristol. Es muy difícil adivinar el carácter de la superficie que sirve de suelo al Mesozoico, debido a la escasez de perforaciones profundas lejos de los depósitos de hulla más productivos, pero en la figura 13 aparecen varios isleos de roca más antigua, señalándose además los bordes aproximados de los valles carboníferos conocidos.

Las Viejas areniscas rojas ocupan los bolsones que aparecieron en la superficie irregular que forma la base del Carbónico, resultado de los intensos movimientos caledonianos que originaron los sistemas montañosos al final de la precedente era paleozoica inferior.

ROCAS PALEOZOICAS INFERIORES

Silúrico (*arriba*)
Ordovicense
Cámbrico (*abajo*)

Desmontando los estratos del Paleozoico superior

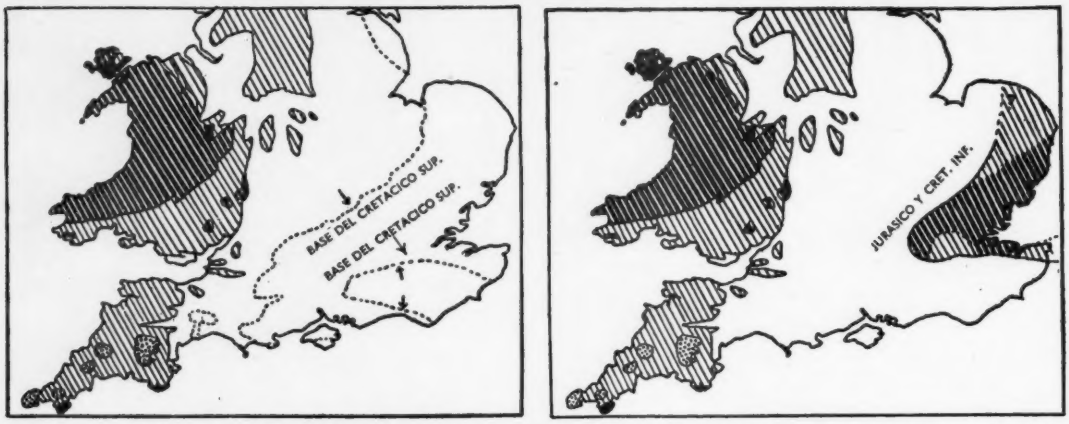


FIGURA 5 – (*a*) *Parte meridional del mapa de la figura* 1 *según aparecería después de levantar los estratos terciarios. Las afloraciones actuales de la base del Cretácico superior están marcadas por la rota línea del Mesozoico.*

(*b*) *Lo mismo, con las rocas del Cretácico superior levantadas, mostrando la plataforma paleozoica enterrada en el SE. de Inglaterra. Las rocas del Paleozoico superior debajo de Londres pertenecen a la época de las Viejas areniscas rojas; pero en el E. de Kent los depósitos carboníferos se hallan bajo una superstructura. El sombreado como en la figura* 1.

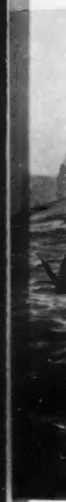
hallaríamos una zona compleja de rocas, en pliegues y fallas, del Paleozoico inferior con una dirección oblicua al eje de la Gran Bretaña, y con un cinturón de rocas precámbricas separando el grupo central de Inglaterra, Gales y el S. de Escocia del N. de la misma. Pero todavía no sabemos hasta qué punto aparecerían dichas rocas precámbricas bajo el Paleozoico superior en el centro y E. de Inglaterra. Conocemos varios picos que asoman aquí y allá a través de la costra del Paleozoico superior en la base del Mesozoico; su número habría de ser mayor en la base del Paleozoico superior (si pudiesemos desmontar éste) y aún pudieran aparecer áreas relativamente extensas de rocas precámbricas. La composición de los sedimentos del Paleozoico inferior nos hace suponer que puedan haber existido tales áreas en el Mar de Irlanda, frente a la costa N. galesa, y sobre Lancashire, y quizás también en la base de los Montes Penninos. Aunque también pueden haber quedado cubiertas por una ligera capa de rocas del Silúrico superior. Algunas perforaciones profundas en el E. de Inglaterra han alcanzado las rocas precámbricas en ciertas áreas donde el Paleozoico superior no existe, o es muy delgado (figura 13).

HISTORIA GEOLOGICA DE LA GRAN BRETAÑA

Al final del período precámbrico se debió producir una retirada general del mar, acompañada de profundas erosiones, con lo que comienza la era paleozoica en la Gran Bretaña, como en otras regiones, con una marcada retrogresión marítima. Las rocas precámbricas de los Grampians y de Ross y Cromarty eran entonces, como hoy, tierra firme, y formaban la orilla N. de un estrecho istmo o península alargada que aislaba la gran fosa de depresión galesa de un mar septentrional en el que se formaron las características rocas calcáreas cámbricas y ordovicenses del NE. de las Highlands, tan semejantes a las formaciones americanas. En este período cámbrico las costas de esta barrera de tierra se encontraban quizás en Anglesey, con una dirección NE., mientras que un mar abierto, cubierto de islas, se extendía al E., hacia el Báltico. Todas las rocas precámbricas que se hallan en las regiones de Shropshire, Malvern, Lickey Hills, Charnwood, y es probable que también las de las proximidades de Northampton, Bletchley y la costa de Norfolk, en donde las perforaciones han revelado su existencia inmediata bajo el Mesozoico, han debido ser las islas que emergían de dicho mar cámbrico. Forman un ancho cinturón en dirección E. a O., pero son sólo, con toda probabilidad, las cimas de un complejo sistema de serranías bajas con una dirección N.–S., o NO.–SE.

En el subsiguiente período ordovicense, la línea costera de la fosa galesa se desplazó hacia el NO., sumergiendo el Lake District y las mesetas del S. de Escocia. Nos quedan restos de una costa que corre aproximadamente paralela,

F
p
a
se



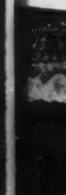


FIG
caliz
ment
super
bajo
y con
Vieja

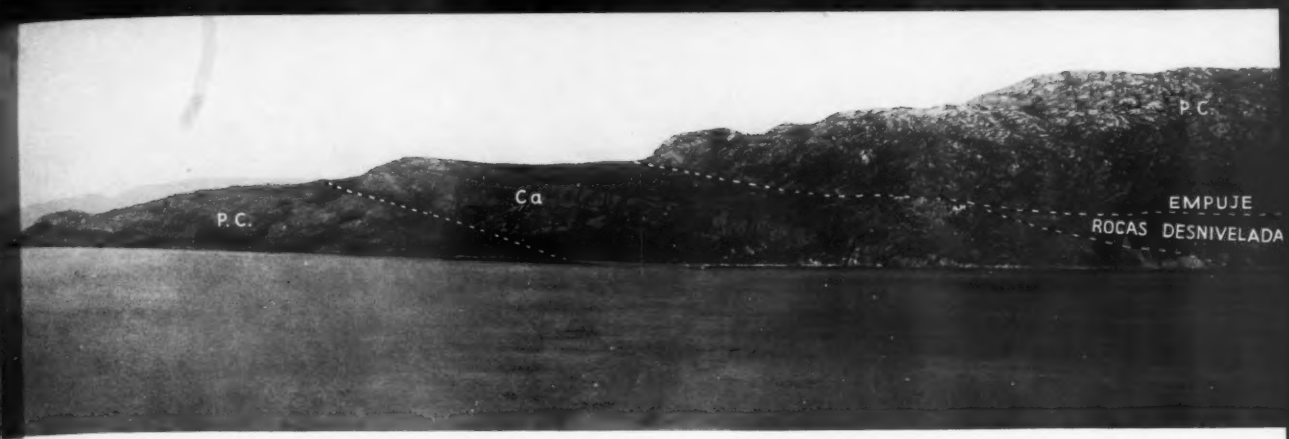


FIGURA 6 – *Vista del Loch (lago) Glencoul, del NO. de las Highlands en Escocia. El gneis cristalino precámbrico (P.C.) de la parte superior de la derecha ha sido impelido casi horizontalmente sobre las pizarras y cuarcitas cámbricas (Ca) de suave inclinación que a su vez descansan sobre otra masa precámbrica (P.C.) que forma el promontorio de la izquierda. Bajo la línea de empuje de la derecha se halla un cinturón de rocas desniveladas que forman como la « suela » de la masa de empuje.*

(*Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright) sobre la que se han marcado las líneas de la posición aproximada del plano de empuje y de la disconformidad cámbrica pre-cámbrica.*)

FIGURA 7 – *La Isla de Staffa, frente a Mull, resto erosionado de la meseta volcánica del O. de Escocia. Los ríos de lava basáltica se agrietaron al enfriarse y muestran, en la parte inferior de esta fotografía, soldaduras prismáticas o columnarias muy regulares. De un diorama del Museo Geológico de Londres.*

(*Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright).*)

FIGURA 8 – *Los Montes de Eglwyseg, al N. de Llangollen. Las calizas carbónicas forman el acusado escarpe que descansa disconformemente sobre los esquistos y lajas del Paleozoico inferior y del Silúrico superior respectivamente, hallándose el preciso punto de contacto oculto bajo el pedregullo; pero las lajas silúricas abundan en las cercanías y componen la mayor parte de los terrenos de bosques y prados. La Vieja arenisca roja se halla ausente.*

FIGURA 9 – *El pico Snowdon visto desde el E., con Llyn Llydaw al frente. La montaña es el resultado de la erosión de un sinclinal de rocas volcánicas ordovicenses con los planos más elevados de cenizas fosilíferas cerca de la cima. Cubren el primer plano y la zona media morrenas glaciales y otros productos de acarreo.*

(*Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright).*)

FIGURA 10 – *Restauración de una escena en las orillas del lago del Weald en la que aparecen los reptiles Iguanodon, en primer plano, Brontosaurus, al fondo, y un Pterodactilo planeando en el aire. Se ven, entre la flora, coníferas, cicadáceas y helechos.*

(*De un diorama del Museo Geológico. Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright).*)

FIGURA 11 – *Reconstrucción de una de las forestas que dió origen a los yacimientos carboníferos, según un diorama del Museo Geológico de Londres.*

(*Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright).*)

FIGURA 12 – *Corte que muestra depósitos dúnicos del Triásico (Nueva arenisca roja) en Brimstree Hill, Salop.*

(*Fotografía del Geological Survey (Crown Copyright).*)

más al SE.: la costa de una masa continental meridional que cubriría el centro y E. de Inglaterra, donde no hay depósitos ordovicenses. En el NO. de las Highlands no hay trazas de sedimentos posteriores al Ordovicense inferior, ni marca alguna del mar septentrional; pero la fauna fósil de las mesetas meridionales escocesas sugiere a veces una analogía con el Ordovicense posterior de América. Este período es notorio por su actividad volcánica, durante la cual los volcanes submarinos del Lake District y del N. de Gales expulsaron enormes cantidades de lava y cenizas volcánicas (figura 9). En el período silúrico, mientras la costa a través de la Escocia central permanecía intacta, el mar se extendió de nuevo hacia el E., sumergiendo primeramente la zona costera del macizo continental, y más tarde todo el E. de Inglaterra, como en el período cámbrico. Los sedimentos silúricos tardíos revelan poca profundidad de agua y algunos depósitos de agua dulce, cerrándose así la gran fase marítima del Paleozoico inferior.

FIGURA 13 – *Mapa geológico esquemático de la Gran Bretaña con las capas de rocas terciarias y mesozoicas levantadas. La inexistencia de rocas del Paleozoico superior sobre un área extensa del SE. se debe sin duda a levantamientos y erosiones post-carbónicos; pero hay ciertas áreas en las que no se depositaron nunca las rocas del Carbónico superior. Los isleos de rocas precámbricas y del Paleozoico inferior que forman como un cinturón que se extiende por el centro del país hacia el E. están marcados proyectándose a través del Paleozoico superior. El sombreado como en la figura 1.*

Durante dicha fase, los sedimentos de la parte más profunda de la fosa adquirieron un espesor total de unos 15 km., con lo que, al continuar hundiéndose el fondo de la fosa y formándose nuevo sedimento, los depósitos primeros quedaron enterrados a profundidades considerables y deben de haber sido sometidos a elevadas temperaturas. Y aunque no se produjo un verdadero metamorfismo (recristalización), la posterior compresión sufrida en la fosa al quedar bajo el peso de la sobrecarga, convirtió a las arcillas esquistosas cámbricas en perfectas pizarras (como en el cinturón pizarroso del N. de Gales) y aún las cenizas volcánicas del Ordovicense adquirieron un hendimiento a través de su estratificación original. La deformación más espectacular atribuída a estos movimientos caledonianos se da entre las rocas precámbricas y cámbricas del NO. de Escocia y entre las precámbricas de los Grampians, aunque la deformación de éstas puede datar de la era precámbrica. Algunas de las primeras han sido transportadas varios kilómetros a lo largo de planos de fractura casi horizontales, hasta venir a descansar sobre sedimentos cámbricos que reposaban intactos sobre un bloque estacionario precámbrico en el NO. (figura 6). En los Grampians, las rocas precámbricas formaron enormes pliegues horizontales antes de ceder a los empujes tectónicos de desplazamiento. Más al S., las blandas arcillas esquistosas del Paleozoico inferior de las mesetas meridionales muestran un acordeonamiento de marcada inclinación, mientras que en el Lake District y en el N. de Gales los pliegues van a veces asociados con empujes tectónicos. El pico Snowdon (figura 9) es el residuo erosionado de un gran pliegue sinclinal, de aparente sencillez, de rocas volcánicas ordovicenses, extendidas entre las rocas cámbricas y precámbricas de la región de Menai y la gran Cúpula de Harlech (cámbrica). El agreste paisaje del Lake District ha sido tallado en un gran anticlinal de pizarras ordovicenses y rocas volcánicas.

Una masa continental recién emergida y diversificada por lo que a la sazón debían de ser

elevadas cordilleras sobre Gales, el Lake District y Escocia ocupaba ahora toda la Gran Bretaña, al N. de una línea costera E.-O. que cruzaba la región del Canal de Bristol. Los movimientos caledonianos habían unido la Gran Bretaña a un gran continente septentrional que ha debido de extenderse hasta incluir Escandinavia, Spitsbergen y Groenlandia.

Entre las grandes cordilleras, se acumularon enormes dispersiones semicirculares de sedimentos (las Viejas areniscas rojas) en un clima semiárido, de lluvias torrenciales estacionales. No existen muchos depósitos lacustres durante los períodos de la Vieja arenisca roja inferior y superior, pero sí se hallan extensos depósitos durante el período medio en las Islas Shetland, Orkney, y en la tierra firme próxima, en un área denominada Lago Orcadie. En todo, aunque no en un solo lugar, el espesor de los depósitos de Vieja arenisca roja alcanza a más de 7.000 m. Los movimientos tectónicos de reajuste continuaron hasta bien entrada la época de las Viejas areniscas rojas, cuyo período inferior esta caracterizado por grandes derrames de lava en el S. y centro de Escocia, y también por numerosas incursiones graníticas septentrionales. Al sur se extendía el mar, en el que se estaban depositando las rocas marinas contemporáneas de Devon y Cornualles, y, más hacia el E., las provincias de las Ardenas y del Rin.

Esta superficie continental, con sus extensos bolsones de Vieja arenisca roja, no quedó enteramente nivelada por la erosión antes de que el movimiento de sumersión permitiese la invasión hacia el N. del mar, con lo que Inglaterra entró en su segunda fase marina.

Es el Carbónico un vasto sistema que cubre un invervalo de tiempo de unos 80 millones de años, una vez y media del del Terciario, y casi dos tercios del entero Mesozoico. Las condiciones de deposición y el diseño de las costas variaron tanto durante este período que es imposible considerarlo como una unidad. Hacia el final del Carbónico inferior Inglaterra se hallaba sumergida, pero la mayor parte de Gales formaba una isla de regular tamaño que se extendía quizás hasta la costa irlandesa, con un archipiélago de islas menores que llegaban por el E. hasta la actual costa oriental inglesa, como una repetición de las islas del centro del país que emergían durante el Paleozoico inferior. Existían en el centro de Escocia grandes deltas donde desembocaban los ríos que bajaban del N., y algunas islas, repartidas irregularmente, surgían a lo largo de la costa de las actuales planicies meridionales, el Lake District y quizás el NE. de Irlanda. Los depósitos arenosos llamados « Millstone Grit » son formaciones deltaicas de filadios y gravas, rara vez entremezclados con filadios marinos, cubriendo la mayor parte de la región para ser a su vez cubiertos por las grandes forestas pantanosas de los distritos carboníferos (figura 11), las cuales, descendiendo del N., alternaron, durante períodos de submergencia, con areniscas, sedimentos cenagosos y calizas de agua dulce, estuáricos y, rara vez, marinos. Finalmente, en lo alto del estrato carbonífero se hallan « depósitos rojos » improductivos que indican el establecimiento de condiciones áridas. La fase verdaderamente marina del Carbónico fué de duración relativamente corta, pero las condiciones deltáicas y pantanosas del Carbónico medio y superior, acompañadas por un largo proceso de submergencia, produjeron la acumulación de un gran espesor de sedimentación, hasta que al final del período el hundimiento y la sedimentación juntos habían acabado de sumergir, con toda probabilidad, el área entera del sistema montañoso caledoniano, con excepción de sus cimas.

Se produjo entonces el segundo gran período de movimientos tectónicos, cuya fuerza se hizo sentir en el NO. de Europa más que en la Gran Bretaña. Sus efectos más acusados se revelan en Devon y en Cornualles, donde se han desarrollado hendimientos pizarrosos en las sedimentaciones calizas del Devónico, y en Bristol y el S. de Gales, cuyos depósitos de hulla muestran contorsiones más marcadas que los del N. Los pliegues de dichos depósitos y de las rocas sobre que descansan fueron condicionados, particularmente en el área del centro del país, por el duro costillar de rocas precámbricas o del Paleozoico inferior que, sumergidas o semisumergidas, reposan en el fondo. A este período se atribuye también el sistema de fallas en forma de fosa del valle central de Escocia, que ha sumergido, y preservado de la erosión, las viejas areniscas rojas y las rocas carboníferas de la Escocia industrial.

De nuevo se halla la Gran Bretaña firmemente incorporada a una masa continental septentrional, bañada al E. de los Montes Penninos por el margen de un gran mar interior en proceso de desecación, centrado sobre Alemania, en el que se iban depositando las calizas magnesienses y los lechos de margas, salinas y yesos. Dicha serie de estratos descansa sobre una superficie estraordinariamente lisa que aplana los depósitos carboníferos del E. de los Penninos, mientras

que la superficie del resto muestra relieves más marcados. Existieron condiciones desérticas y semi-áridas en las regiones bajas que se extendían entre los elevados macizos del O. y NO., y la plataforma paleozoica al E., donde se acumularon las nuevas areniscas rojas. Las rocas salinas, el yeso y las margas rojas significan la desecación de pequeños mares interiores, y los depósitos dúnicos de areniscas (figura 12) denotan la acción del viento tanto como las pulimentadas superficies del Precámbrico que asoman a través de las margas del período de las Nuevas areniscas rojas en los Bosques de Charnwood.

La submergencia de estas tierras se revela en la transición a los depósitos marinos del Jurásico, cuya costa oriental aproximada hemos indicado ya (figura 5(*b*)). La costa O. es más difícil de localizar porque hacia ese lado aparecen a la superficie los margenes erosionados de afloramientos recientes; pero tenemos motivos para suponer que Gales y el O. de Inglaterra eran generalmente tierra firme. Tampoco se extendía mucho el mar hacia el N., pues en esta dirección muy pronto adquieren los depósitos jurásicos un carácter deltáico, ofreciendo curioso paralelo con las condiciones existentes durante el Carbónico inferior. Más al norte, una estrecha ría que fué a veces quizás un estuario parece haber rodeado lo que es hoy la costa O. de Escocia, conservándose restos de los sedimentos allí depositados bajo una costra de lava terciaria.

La continuidad de la fase marina del Mesozoico quedó casi interrumpida al finalizar el Jurásico; el levantamiento tectónico produjo la contracción del mar y finalmente la aparición de un istmo sobre la actual región central que separaba un mar en el NE. de un lago de agua dulce en el S. y SE. Con lo que casi la totalidad del Condado de Lincoln, a excepción del SE., se convirtió en tierra firme, o pantanosa de agua dulce (figura 10). La invasión marina del Cretácico, tras romper dicha barrera, llevó el mar hacia el NO. hasta Antrim y las Islas del Oeste; existen dudas sobre si Gales y el Lake District llegaron a ser sumergidos, pero la masa de tierra paleozoica del SE. de Inglaterra desapareció bajo este mar cretácico y no ha vuelto a aparecer jamás en la superficie.

El sucesivo alzamiento, revelado por la ligera disconformidad pre-terciaria, fué de poca duración en el SE. de Inglaterra, la cual pronto quedó sumergida bajo las aguas poco profundas de un mar oriental que se extendía por el E. y SE. hasta incluir en la misma área de deposición las rocas terciarias del distrito de París, Bélgica y Holanda. En el NO. la acción volcánica terciaria construyó una gran altimeseta basáltica de unos mil metros de altura, cuyos restos se hallan hoy en el N. de Irlanda y las Islas del Oeste de Escocia (figura 7).

Los movimientos caledonianos se hicieron sentir severamente en la Gran Bretaña; menos los Permo-carbónicos, y aún menos los del Terciario medio, o Alpinos, cuyo efecto quedó confinado prácticamente al SE. de Inglaterra. En algunos lugares, como a lo largo del Hog's Back, cerca de Guildford, y en la Isla de Wight y en Purbeck, el ángulo de declivio se aproxima a la vertical, mientras que en la mayor parte de dicho área el declivio medio raramente excede dos o tres grados. Los valles de Londres y de Hampshire y el anticlinal del Weald muestran estructuras de grandes dimensiones y muy poca profundidad.

La erosión de este último fué muy rápida, ya que las arenas marinas del Pliocénico inferior descansan directamente sobre la caliza en ciertos lugares del N. Downs y S. Downs y en los Chilterns. El levantamiento que siguió dejó en seco la totalidad de la Gran Bretaña, con la excepción de los bordes orientales de Norfolk y Suffolk que recibieron las formaciones conchíferas del Plioceno superior.

Hacia entonces la topografía actual, con sus emergencias, estaba ya virtualmente determinada, salvo por ciertos efectos menores de la era cuaternaria. La dinámica del glaciarismo dejó sus marcas características sobre la configuración de las tierras altas; y las vastas sábanas de hielo cubrieron las tierras bajas de toda Inglaterra, excepto el S., con depositos morrénicos. Se produjo en ciertos lugares una diversión de desague, producto del atasco de los valles prepleistocénicos con dichos depósitos morrénicos; y los cambios del nivel marítimo, debidos a la carga y descarga de las tierras de las masas de hielo produjo la sumersión de bosques y valles y la emergencia de playas en nuestras costas. Pero desde nuestro punto de vista, el acontecimiento más importante de la era cuaternaria fué la rotura marina que formó el Canal de la Mancha.

NOTA: Las figuras 6–12 son reproducciones de fotografías suministradas por el Departamento de Topografía, con permiso de su Director y del Revisor del H.M. Stationery Office.

«The Royal Society» de Edimburgo

JAMES KENDALL

El título de Miembro de « The Royal Society » de Edimburgo ha sido considerado durante mucho tiempo como un alto honor académico. Puede mencionarse, entre los distinguidos científicos que han sido miembros, a Joseph Black, Hope, James Hutton, Graham, Clerk Maxwell, Crum Brown, y Lord Kelvin. El talento literario ha estado representado en ella por Goethe y Sir Walter Scott. El Profesor Kendall relata la historia de la Sociedad, historia ininterrumpida desde su fundación en 1782.

« The Royal Society » de Edimburgo, como su hermana mayor « The Royal Society » de Londres, no nació repentinamente, sino que fué el desarrollo gradual de una serie de asociaciones menos formales, originadas en un período de graves disturbios civiles. El « Philosophical College » fundado en Londres durante el conflicto entre el rey Charles I y el Parlamento en 1645 tuvo su paralelo en el norte del país, un siglo más tarde, en la « Philosophical Society » de Edimburgo.

Esta Sociedad era una amalgamación de dos instituciones más especializadas: una Sociedad de Medicina fundada en 1731, y otra Sociedad para el progreso de las Artes y Ciencias, seis años más joven. Era Secretario de la primera Alexander Monro (padre), anatomista; bajo su supervisión se publicaron los seis volúmenes de los *Medical Essays and Observations*, presentados a la Sociedad y que sirvieron para esparcir la fama de la Facultad de Medicina de Edimburgo por toda Europa. El espíritu animador de la segunda fué Colin Maclaurin, matemático, cuya temprana muerte en el intento de defensa de Edimburgo ante el ejército jacobita en 1745 suspendió todas sus actividades. Al restablecerse la tranquilidad, las dos Sociedades conjuntas, con David Hume y Alexander Monro (hijo) como secretarios, pudieron dedicarse de nuevo a sus actividades, publicando entre 1754 y 1771 tres volúmenes de los *Essays and Observations, Physical and Literary*, que contenían contribuciones en numerosas materias, por escritores de primer rango en todos los aspectos de la Ciencia, Filosofía y Letras.

FIGURA 1 – *Sir William Wright Smith, Presidente actual de la Sociedad.*
(Según un cuadro al óleo por Stanley Cursiter, R.S.A., F.R.S.E.)

Sin embargo, en 1782, se produjo una nueva crisis cuando, habiendo solicitado Lord Buchan la sanción oficial para la Sociedad de Anticuarios de Escocia, se opuso a ello la Universidad, a instigaciones de su Rector, William Robertson, quien prefería una Sociedad única para todas las ramas de la erudición. Esta oposición, aunque probó ser vana, fué la causa inmediata de la formación de la Royal Society de Edimburgo. En una carta a un amigo, fechada el 30 de noviembre de 1782, escribía Andrew Dalziel, catedrático de griego:

> Lord Buchan está armando una ventolera con su Sociedad de Anticuarios. Ha admitido en ella tantos pelagatos que los miembros de cierta respectabilidad están dimitiendo a toda velocidad y adhiriéndose a la petición de la Universidad y de la Facultad de Abogados para la Sanción Real de una nueva Sociedad.

El proyecto de Robertson, adoptado finalmente en una reunión de los catedráticos de la Universidad, muchos de los cuales eran miembros de la

FIGURA 2 – *John Robison, Secretario General* 1783–98.
(Según un cuadro al óleo por Sir Henry Raeburn, F.R.S.E.)

FIGURA 3 – *Sir Walter Scott, Presidente* 1820–32.
(Según un cuadro al óleo por J. Graham-Gilbert.)

Philosophical Society, proponía «el establecimiento de una nueva Sociedad, sobre un plan más amplio, a la manera de algunas Academias extranjeras, cuya finalidad es el cultivo de todas las ramas de la Ciencia, de la Erudición y del Buen Gusto». Se solicitaba la protección real, que fué otorgada mediante una Carta de Incorporación por el rey Jorge III en Marzo de 1783.

La primera reunión de la Real Sociedad de Edimburgo tuvo lugar el 23 de Junio del mismo año, en la Biblioteca Universitaria, presidida por el Rector Robertson. En ella se estableció que todos los miembros de la Philosophical Society pasasen a serlo de la Real Sociedad; se eligió Presidente de ésta al Duque de Buccleuch, y Secretario a John Robison. El nombramiento de Buccleuch era puramente titular, aunque contribuyó en efecto en el primer volumen de las *Transactions* de la Sociedad con una relación bastante extensa del tiempo y de las precipitaciones pluviales en algunos de sus latifundios. Por el contrario, Robison, Catedrático de Filosofía Natural de la Universidad de Edimburgo, era un científico del tipo del «Admirable Crichton», que había ocupado previamente la Cátedra de Química en Glasgow, como sucesor de Joseph Black, y la Cátedra de Matemáticas en la Academia Naval de Kronstadt. En su juventud se halló en el mismo barco que Wolfe durante la captura de Quebec, siendo testigo de la recitación de la famosa Elegía del poeta Gray por aquel general, que iba hacia la muerte, durante el viaje por el Río St. Lawrence hasta los altos de Abraham. Su retrato por el pintor Raeburn, regalado a la Sociedad por su hijo Sir John Robison, también Secretario de la misma, es quizá la posesión más valiosa que tiene hoy ésta.

Se dividieron los miembros de la Sociedad, así como sus *Transactions*, en dos clases: físicos y literarios. Pero muy pronto se echó de ver que el aspecto científico había de predominar. Se presentaron muy pocos escritos de carácter literario, y las reuniones separadas de esta Sección dejaron muy pronto de celebrarse, llegando a nombrarse sólo un Presidente literato de la Sociedad, Sir Walter Scott, que ocupó dicho cargo desde 1820 a 1832. Su retrato, por Graham-Gilbert, cuelga también en el local social. Durante mucho tiempo asistió concienzudamente a todas las reuniones de la Sociedad, y Charles Darwin menciona en su *Autobiography* que cuando, siendo estudiante de medicina en Edimburgo, fué un día

a una de las reuniones de la Sociedad, vió en la silla presidencial a Walter Scott.

Las publicaciones científicas de la Sociedad pronto vinieron a ocupar un rango primordial. En el primer volumen de las *Transactions*, publicó James Hutton una comunicación que contenía su Teoría de la Tierra, la cual produjo una conflagración geológica que duró durante muchos años por toda Europa, y sobre la cual combatieron fieramente los Neptunistas y los Vulcanistas. Sus principios fueron finalmente aceptados, y hoy se le considera como el padre de la Geología física. Sir James Hall, segundo Presidente de la Sociedad, puso a prueba y confirmó las conclusiones de Hutton por medio de experimentos directos, y puede ser considerado como el iniciador de la Geología experimental. En la Química, sólo se llegó a alcanzar el final canto de cisne de Joseph Black, en un análisis de las aguas de ciertos manantiales térmicos de Islandia, pero su discípulo y colega Thomas Hope añadió un nuevo elemento a la lista de los ya conocidos en su « Relación sobre un mineral de Strontian, y de una particular especie de Tierra que en él se contiene ». En el Volumen XII publicó Thomas Graham su celebrada «Memoria sobre la ley de difusión de los gases». Otras ramas de la Ciencia están igualmente representadas, pero es lástima que Adam Smith, uno de los miembros fundadores, no añadiese nada a su *Wealth of Nations* en las publicaciones de la Sociedad.

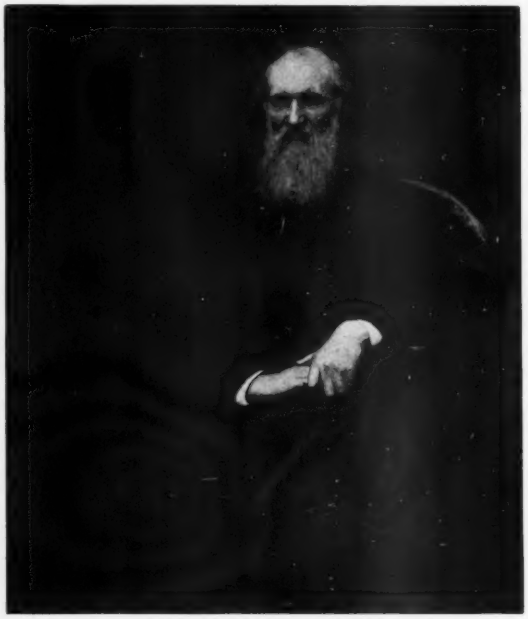


FIGURA 4 – *Lord Kelvin, Presidente* 1873–78, 1886–90, 1895–1907.
(Según el retrato Herkomer en la Universidad de Glasgow.)

Ejerció ésta desde su fundación el derecho a nombrar un número limitado de miembros extranjeros honorarios; Benjamin Franklin se encuentra entre los primeros que recibieron tal distinción. Se encuentran también en la lista la mayoría de los que han contribuído al progreso científico en cualquier parte del mundo durante los últimos 150 años; pero el único nombre que debemos mencionar aquí es el de J. Wolfgang Goethe. Goethe fué nombrado durante la presidencia de Sir Walter Scott, lo que es apropiado, y es interesante señalar que recibió tal honor tanto por sus trabajos científicos como por sus méritos literarios. El mismo opinaba que su poesía caería un día en el olvido, mientras que sus estudios sobre la Luz y el Color sobrevivirían: el tiempo ha demostrado lo contrario.

Con la expansión de la Ciencia durante el siglo XIX, se hizo necesario dividir las publicaciones de la Sociedad en dos grupos: *Proceedings* y *Transactions*, y los primeros han tenido que ser divididos recientemente en dos secciones: de Física y de Biología.

En 1848 escribió Clerk Maxwell, a la sazón un muchacho de 15 años en la Academia de Edimburgo, un estudio sobre las « Propiedades de ciertas curvas ovales», cuyo manuscrito aún se conserva. Tuvo que ser leído, lo mismo que otro trabajo presentado un año más tarde sobre las curvas cicloidales, por su maestro, Forbes, ya que no se consideraba propio que un muchacho, con su chaquetilla de colegial, se dirigiese a la Sociedad. Aunque es muy posible que otra cosa se hubiese decidido de haberse previsto entonces que estaba destinado a ser el físico matemático más grande de su siglo.

En 1873 se permitió a otro joven, de pocos años más que Clerk Maxwell, la lectura de un trabajo, un pesado artículo, sobre « La influencia termal de los bosques». Quizás este favoritismo se debió a ser hijo de un miembro eminente de la Sociedad, que en efecto había de ser once años más tarde Presidente de la misma. Un párrafo típico de dicha comunicación dice como sigue:

> Podemos, por lo tanto, considerar un bosque bien como una *superficie*, bien como un *sólido;* esto es, bien como parte de la superficie terrestre, con una ligera elevación sobre el resto de la misma, o bien como una masa difusa y heterogénea que desplaza una cierta porción de la atmósfera libre y movible.

Lo cual no es tan emocionante como *La Isla del Tesoro*, o *¡Secuestrado!*, aunque su autor no es sino el mismo Robert Louis Stevenson.

La última parte del siglo pasado representó una edad de oro para la Sociedad, bajo la dirección habilísima de la famosa combinación «T y T»: Sir William Thomson (Lord Kelvin) y Peter Guthrie Tait. Kelvin ocupó la Presidencia durante tres sesiones, veintiún años en todo; Tait fué Secretario de las Asambleas ordinarias y Secretario General durante un período total de treinta y siete años. Gran parte de los trabajos de investigación del primero, y casi todos los del segundo se hallan incluídos en las publicaciones de la Sociedad. Crum Brown en la Química y Chrystal en las Matemáticas son otros gigantes de esta era.

Hacia el final de su presidencia Kelvin empuñó el timón de la Sociedad durante un período de tempestadas internas. Durante más de ochenta años había ocupado la Sociedad algunas salas en el monumental edificio de la Royal Institution, frente a Princes Street; pero en 1906 la Cámara de los Comunes aprobó una disposición por la que la Royal Institution se convertía en un Museo Nacional dedicado a las Bellas Artes. Ante el problema de la obligada mudanza, la Sociedad envió una comisión de miembros influyentes, capitaneada por Kelvin, para que solicitase del Gobierno el apoyo estatal para la obtención de un local que pudiese acomodar las asambleas sociales, su valiosa Biblioteca, sus cuadros y manuscritos y el ejercicio de sus ordinarias funciones. Se incluyó en la ley mencionada un artículo que aseguraba los fondos necesarios, y en 1909 se inauguró el nuevo domicilio de la Sociedad por Sir William Turner, el sucesor de Kelvin en la dignidad presidencial.

En dicha fecha, parecía el nuevo local ofrecer todas las comodidades necesarias, pero es hoy insuficiente. El excesivo aumento del número de miembros ha quedado controlado con su limitación a veinticinco por año, resolución que ha de aumentar el prestigio que han tenido siempre las iniciales F.R.S.E. (*Fellow of the Royal Society of Edinburgh*). A pesar de lo cual, las asambleas mensuales atiborran por lo general la sala de reuniones, y es difícil encontrar sitio, aunque sea de pie, en la sala de conferencias. El problema de la Biblioteca es aún más serio; la Sociedad tiene más de 600 contratos de intercambio con el mundo entero, y su colección de revistas científicas y obras de referencia es de las más completas dentro del Imperio Británico; pero se ha alcanzado ya el punto de saturación en los estantes y el Bibliotecario Mayor tendrá que hacer frente a un problema insoluble cuando se reciban todos los volúmenes atrasados a consecuencia de la guerra. Se hacen también necesarias facilidades para la exposición de los manuscritos de la Sociedad.

La Sociedad concede un elevado número de premios. Los Premios Keith y Makdougall-Brisbane, otorgados bianualmente, en Física y Biología alternativamente, por la mejor contribución a las publicaciones de la Sociedad durante el período inmediatamente anterior; el Premio Neill, otorgado también cada dos años a la monografía de mayor mérito en cualquier rama de la Historia natural presentada por un naturalista escocés; el Premio Gunning Victoria Jubilee, cada cuatro años, como recompensa del trabajo original en Física, Química o Matemática pura y aplicada realizado por cualquier científico residente o relacionado con Escocia; el Premio James Scott se ofrece cada tres años por una conferencia o ensayo sobre los conceptos fundamentales de la Filosofía natural; y el Premio Bruce, bienial, por cualquier contribución notable en las ciencias naturales «que sea el resultado de la visita del premiado a la región polar». Además de lo cual la Fundación Bruce Peller contribuye los honorarios necesarios para una conferencia bienial de algun sabio famoso en el campo de la Geología, Física y Electricidad; y la Fundación David Anderson-Barry ofrece una medalla y un premio cada tres años por un ensayo sobre los Rayos X y su efecto terapéutico sobre las enfermedades humanas. Por último, un codicilio del difunto Mr. Robert Cormack da a la Sociedad la administración del resto de su herencia de unas 54.000 Libras para la ayuda de los estudios e investigaciones astronómicas en Escocia.

Para acabar en una nota más ligera mencionemos el Club Gastronómico de la Sociedad, fundado en 1820.

Durante la guerra, como es natural, se suspendieron todas las actividades gastronómicas, pero la 599 reunión del Club — una celebración de la Victoria — tuvo lugar, aunque con cierta austeridad, el 3 de Diciembre de 1945.

Insuficiencias minerales de las plantas

T. WALLACE

Muy pocos han sido los descubrimientos científicos que hayan tenido mayor repercusión económica y social que el del conocimiento de la acción de los minerales en la nutrición de las plantas. Ello ha dado origen a una importante rama de la industria química: la producción de abonos. En este artículo, el Profesor Wallace discute los problemas relativos a la detección, causa y cura de las deficiencias minerales en las tierras de cultivo, lo que proporciona un conocimiento básico para el empleo racional de los abonos.

Los métodos experimentales empleados para resolver los problemas de la nutrición de las plantas pertenecen a tres grupos principales. Se han llevado a cabo pruebas sobre cultivos bajo las mismas condiciones naturales; o bien experimentos bajo condiciones de cultivo controladas en cajones de tierra; finalmente, cuidadosos trabajos de laboratorio con el empleo de métodos químicos y de fisiología vegetal de gran exactitud. Los elementos relacionados con el crecimiento de las plantas pertenecen a tres grupos: los *elementos esenciales principales* — nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio y azufre — los cuales son necesarios en cantidades relativamente grandes; los *elementos esenciales secundarios* — hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno — los cuales son asimismo indispensables, pero en cantidades muy reducidas; y los cuatro elementos — sodio, cloro, sílice y quizás aluminio — los cuales, por más que no son esenciales son ciertamente beneficiosos para ciertas plantas.

La deficiencia de alguno de estos elementos puede ser de un carácter absoluto o bien relativo. Esta deficiencia puede tener su origen directamente en la escasez de un elemento particular en el suelo o bien ser producida por una escasez relativa inducida o acentuada por el exceso de algún otro elemento. Así la escasez de potasio puede provenir de un exceso de nitrógeno o de fósforo. Las deficiencias de hierro y manganeso son determinadas especialmente por el *p*H del medio de nutrición, ya que ambos son absorbidos más difícilmente por las plantas cuando crece el valor del *p*H; la deficiencia de boro está frecuentemente relacionada con el empleo de la cal como abono. La proporción de molibdeno existente en los pastos húmedos llega a ser nociva para los animales cuando el *p*H del terreno es elevado. Finalmente, debemos hacer notar que las deficiencias minerales están relacionadas con las condiciones existentes en el medio ambiente, o sea atmosféricas o del terreno, intensidad de la luz, temperatura y humedad.

Desde el punto de vista de la agricultura práctica, los principales aspectos de la investigación sobre las deficiencias minerales son: *a*) los relativos a los efectos de deficiencias específicas sobre las diferentes plantas de cultivo; *b*) métodos para diagnosticar cada deficiencia determinada, y *c*) los medios prácticos para corregirlas en la gran escala de las condiciones naturales. En muchos cultivos, los síntomas de ciertas deficiencias específicas son tan característicos que pueden ser éstas diagnosticadas por simple inspección visual, cuyo método ha sido, desde antiguo, de gran valor. Cuando este método no es aplicable, o bien cuando se requiere cierta confirmación, puede recurrirse a otras simples pruebas químicas, de pulverización y de inyección [2].

Una deficiencia de *nitrógeno* produce un desarrollo reducido e irregular. Las hojas de las plantas afectadas se vuelven pálidas y tienden a tomar un color amarillo brillante, rojo o púrpura. El proceso de florescencia, formación de semillas y fruto, queda notablemente reducido. La deficiencia de *fósforo* produce efectos parecidos a los anteriores, pero el color de las hojas es púrpura obscuro y el follaje carece de brillo. Los bordes de las hojas pueden parecer chamuscados, como en las patatas, o bien aparecen manchas que se extienden sobre toda la hoja, como en el trébol y la grosella. Los síntomas de deficiencia de *calcio* aparecen primeramente cerca de los puntos de crecimiento y en las raíces. Las hojas se deforman, quedan rudimentarias, arrolladas y chamuscadas; las raíces son cortas; la formación de tubérculos, como en las patatas, queda reducida. La acidez del terreno, que acompaña a la deficiencia de calcio, favorece indirectamente los efectos tóxicos del manganeso, cuyos síntomas secundarios son la clorosis y arrollamiento de las hojas (figura 2). La falta de *magnesio* afecta principalmente al

FIGURA 1 – Colza. *Insuficiencia de calcio. Bordes y tejido central de las hojas se marchitan y caen.*

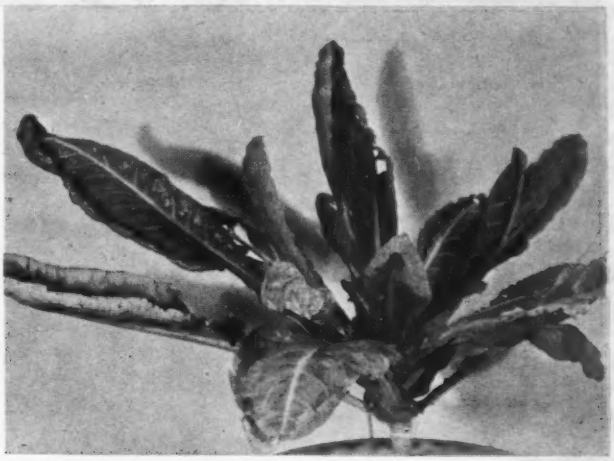


FIGURA 2 – Coliflor. *Toxicidad debida al manganeso estimulada por la deficiencia de calcio. La toxicidad debida al manganeso se manifiesta por enroscamiento y manchas en los bordes de las hojas y la insuficiencia de calcio se evidencia por la necrosis del mesofilo. Estas condiciones pueden aparecer conjuntamente en las plantas de suelos de elevada acidez.*

follaje. La clorosis es frecuente, así como los tonos brillantes; las hojas caen prematuramente, antes de marchitarse. A pesar de estos agudos síntomas en las hojas y la pérdida de las mismas, los efectos sobre la abundancia de la cosecha pueden ser poco intensos. Los síntomas de la deficiencia de *potasio* varían según su intensidad. Reducidas deficiencias limitan el crecimiento de los vástagos, mientras que cuando el potasio falta en mayores proporciones puede detener su desarrollo. Los vástagos tienen frecuentes nodos y los tallos florales pueden detener su crecimiento. Los síntomas en las hojas son generalmente característicos, con márgenes chamuscados, puntas quemadas y manchas y puede haber clorosis entre las venas. Las plaquillas pueden aparecer arrolladas hacia adelante paralelamente a la vena central, o bien están ligeramente curvadas hacia atrás. Los frutos son casi siempre pequeños y de mala calidad. La falta de *sodio* se nota solamente en los cultivos que lo necesitan en abundancia, tales como la remolacha azucarera y la remolacha para el ganado. Las hojas son de un verde obscuro, carecen de lustre, y se marchitan rápidamente en una sequía. La deficiencia del *azufre* no es conocida en la Gran Bretaña. Si se produce artificialmente las plantas tienen unos síntomas parecidos a los de la deficiencia de nitrógeno.

La falta de *hierro* se caracteriza por intensa clorosis en las puntas de las hojas de los tallos jóvenes; esto precede generalmente a la muerte de los mismos. Las hojas pueden quedar completamente descoloradas, o bien la clorosis puede tomar la forma de manchas como en las *Brassicae*, o bien franjas entre las venas, como en los cereales. Cuando hay falta de *manganeso* los síntomas en las hojas son, también, notables. La clorosis, parecida a la de la falta de hierro, es corriente, pero muchas plantas ofrecen otros síntomas característicos. En la avena aparecen las « manchas grises ». La clorosis se desarrolla según una línea definida, pero a diferencia de la clorosis debida a la falta de hierro, no tiene una intensidad máxima en las hojas de las puntas de los vástagos. En los guisantes y, a veces, algunas especies de judías, se desarrollan unas lesiones de color marrón en las caras planas de los cotiledones de las semillas (Manchas de Marsh) (figura 12).

Los síntomas de la falta de *boro* [3] son, en general, tan característicos que para muchas plantas se les han dado nombres específicos. Las partes en crecimiento están tan seriamente afectadas que llegan a morirse; el meollo y la epidermis

FIGURA 3 – Cebada. *Insuficiencia de potasio. Las hojas aparecen semi-cloróticas y presentan lesiones blancas irregulares.*

FIGURA 4 – Remolacha para el ganado. *Insuficiencia de potasio. Las hojas aparecen chamuscadas en los bordes y entre las venas. Las hojas más antiguas son afectadas primeramente, se marchitan prematuramente y se desprenden.*

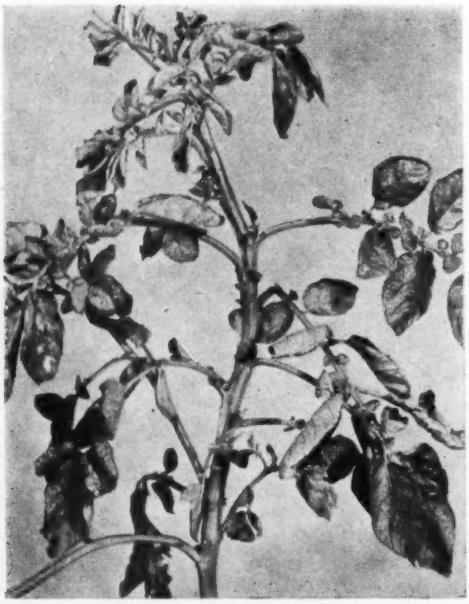


FIGURA 5 – Tallo de patata. *Deficiencia de calcio. Los tallos tienen varios vástagos y las hojas jóvenes son muy pequeñas con los bordes doblados hacia arriba.*

FIGURA 6 – Tallos de manzano. *Deficiencia de hierro. Las puntas de las hojas tienen clorosis y, más tarde, chasmuscamiento marginal. Los tallos más seriamente afectados acaban por morirse.*

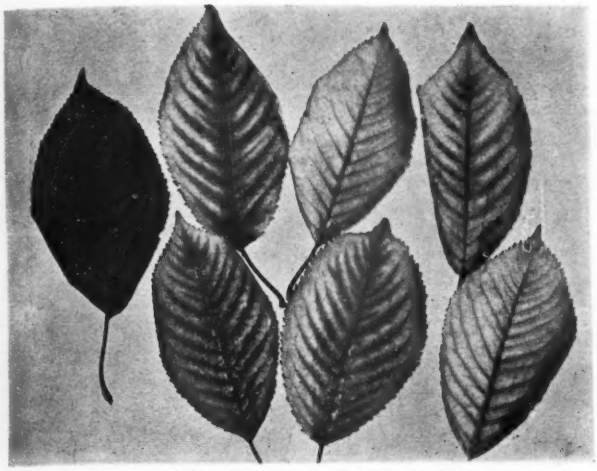


FIGURA 7 – Hojas de cerezo. *Deficiencia de manganeso. Los bordes de las hojas se vuelven cloróticos y se extienden hacia la zona entre las venas, avanzando según una forma de V hacia la vena central. Toda la superficie es, finalmente, afectada.*

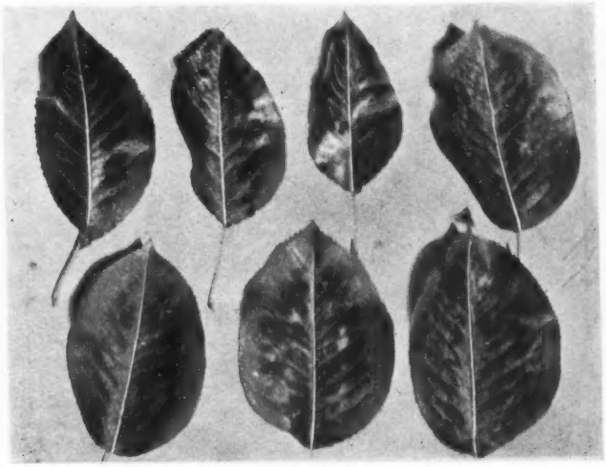


FIGURA 8 – Hojas de peral. *Deficiencia de magnesio. Las áreas entre las venas alrededor de la vena central se vuelven necróticas.*

FIGURA 9 – Coliflor. *Deficiencia de magnesio. Las hojas más viejas presentan un veteado clorótico y pueden desarrollar, también, una coloración encarnada o púrpura.*

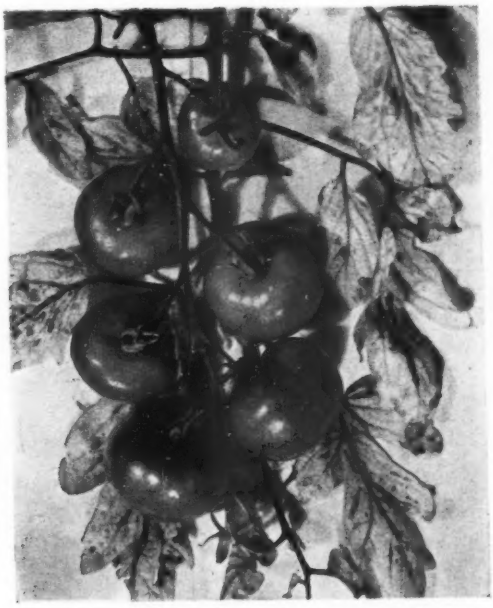


FIGURA 10 – Hojas y fruto de tomatera. *Deficiencia de magnesio. La clorosis se va apoderando del follaje, empezando por las hojas viejas y extendiéndose hacia las más jóvenes, y más tarde se desarrollan áreas necróticas de color marrón entre las venas.*

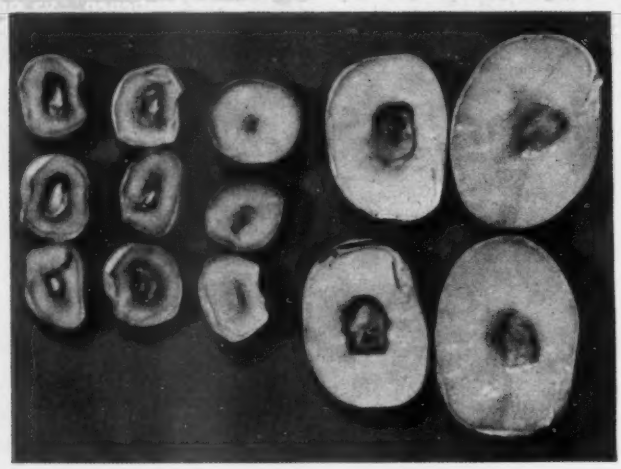


FIGURA 11 – Sección longitudinal del cogollo de la coliflor. *Deficiencia de boro. Los repollos son marrones y el meollo del tallo principal presenta lesiones del mismo color.*

FIGURA 12 – Semillas de guisante y de haba. *Deficiencia de manganeso. Los cotiledones muestran lesiones en la parte central. (En los guisantes esto se denomina « Marsh Spot ».)*

de los tallos son afectados asimismo, produciéndose unas rugosidades externas y quedando huecos; las hojas presentan un chamuscado marginal, manchas y pigmentación y, además, se agrietan y arrugan; los frutos son raquíticos y malformados y presentan, a menudo, necrosis interna.

A pesar de que las deficiencias de *zinc*, *cobre* y *molibdeno* tienen importancia para las cosechas fuera de la Gran Bretaña, en cambio no han sido observadas en ningún lugar de las islas Británicas. La deficiencia de zinc ocasiona serias enfermedades en muchos árboles frutales tales como manzanos, limoneros, pecana, viñedos y frutos de hueso [4]. El bronceado del tung (árbol de la China de semilla oleosa) y la « punta blanca » del maíz son fruto de la falta de zinc, que es igualmente la causa de exiguas cosechas de cereales en ciertas regiones de Australia. La falta de cobre [5] ocasiona serias condiciones patológicas en los árboles frutales, especialmente la *Exanthema* de los frutos cítricos, etc. En Holanda y Dinamarca afecta a los cereales así como a las cosechas australianas. La falta de molibdeno ha sido observada sólo en pastos y guisantes en ciertos terrenos con piedras ferrosas, en el Sur de Australia y Tasmania [6], [7]. Según Piper, si la falta de molibdeno es producida artificialmente en avena cultivada en medio húmedo, aparecen los síntomas siguientes: necrosis en las hojas superiores; el tejido afectado se seca y toma un color rojo-parduzco y generalmente no se llega a la formación del grano.

La falta de nitrógeno puede ocurrir en cualquier clase de terreno, y ello depende en gran manera de la forma según la cual se are el terreno y del procedimiento de recolección. La cantidad de nitrógeno en un terreno tiende a incrementarse con el cultivo de las leguminosas o de pastos, y decrece si se dedica al labrantío. Una deficiencia temporal puede ser producida soterrando materia orgánica en el suelo, en la cual la proporción nitrógeno/hidratos de carbono, sea baja. La deficiencia de nitrógeno puede ser remediada fácilmente, suponiendo todas las otras condiciones favorables, por medio de los abonos nitrogenados. Los terrenos responden muy bien, generalmente, y los resultados no se hacen esperar ya que el nitrógeno tiene gran movilidad en las tierras de cultivo.

La falta de fósforo en los suelos de la Gran Bretaña se observa especialmente en las áreas del norte y oeste, donde la precipitación acuosa es elevada. La cantidad de fósforo difiere

considerablemente de un terreno a otro; particularmente los suelos arcillosos son faltos del mismo. Los suelos de elevada acidez, los que contienen hierro, los derivados de formaciones calizas y las turbas pantanosas están generalmente faltos de fósforo. Una gran variedad de substancias puede reemplazar la falta de este elemento. Si la deficiencia es aguda, es aconsejable emplear un abono soluble, tal como el superfosfato y para ser más efectivo, conviene aplicarlo durante las fases iniciales del ciclo de crecimiento. Ciertos terrenos, especialmente los ferruginosos, de gran acidez, calcáreos y arcillosos ofrecen dificultades especiales debido a que transforman los fosfatos en compuestos insolubles y por lo tanto inasimilables por las plantas. Se han aconsejado distintos métodos para salvar esta dificultad. Uno de ellos consiste en el empleo de abonos en forma granular ya que así ofrecen una superficie relativamente pequeña en contacto con el suelo; otros aconsejan introducir el abono junto con las semillas para asegurar una buena proximidad. Un tercer método, aplicable especialmente a los árboles frutales con raíces profundas, consiste en introducir el abono profundamente en el suelo por medio de picas especiales.

La deficiencia de calcio está confinada a los terrenos ácidos, y es más prevalente en regiones con elevada precipitación acuosa, debido a la facilidad con que el calcio es arrastrado por el agua. La insuficiencia de calcio está asociada frecuentemente con una reducida proporción de calcio en las rocas de las cuales provienen los terrenos. En el campo no es fácil distinguir los síntomas de esta deficiencia del de los que se deben a otros efectos consecuencia de la acidez del suelo. Por más que las sales neutras de calcio puedan ayudar a compensar la insuficiencia del mismo, no pueden substituir a la cal, que es el remedio común ya que ésta tiene la propiedad de neutralizar la acidez del terreno. Para los tubérculos es aconsejable, cuando el terreno es ácido, introducir durante el arado una cierta cantidad de cal además del esparcimiento superficial, ya que así se evita que las raíces se desarrollen horizontalmente cerca de la superficie o queden cónico-rollizas sin penetrar en el subsuelo.

La deficiencia de magnesio ocurre generalmente en terrenos ácidos faltos de calcio. Puede ser, también, inducida por un exceso de potasio y es acentuada por un bajo contenido de nitrógeno. Se puede remediar por medio de adiciones de abonos calizo-magnésicos o bien sulfato de magnesio. El primero es preferible para el caso de terrenos ácidos ya que ayuda a neutralizarlos, pero no puede emplearse cuando el *p*H es elevado ya que si éste crece aún más, pueden entonces producirse insuficiencias de hierro o manganeso. Cuando la deficiencia de magnesio es debida a un exceso en el empleo de potasa, puede ser preciso detener el uso de esta última, aun para las tomateras, hasta que se restablezca el equilibrio en la proporción de magnesio. En ciertos casos, como por ejemplo los tomates de invernadero y los árboles frutales, se ha comprobado que el empleo de abonos magnésicos tiene efectos muy lentos y para el caso de los tomates se han logrado resultados mucho más rápidos pulverizando el follaje con sulfato de magnesio (2% de sulfato de magnesio, como el heptahidrato, además del medio de solución) [8].

La deficiencia de potasio aparece frecuentemente en terrenos ligeros, pero puede asimismo ocurrir en terrenos de cualquier consistencia en los que se cultivan plantas asimiladoras de potasio. La escasez de potasio en la Gran Bretaña tiene lugar principalmente en el área limítrofe con la faja caliza que se extiende desde Dorset hasta Yorkshire. Frecuentes cosechas de heno contribuyen a acentuar aquella falta y es común en antiguos pastos arados recientemente. Se mejora tal estado por medio de abonos potásicos tales como el sulfato, cloruro o nitrato. Hay varios productos de deshecho que contienen formas solubles de sales potásicas; el estiércol es un buen abono de esta clase. Al igual que el fósforo, el potasio se fija en mayor o menor proporción en todos los terrenos y su acción puede ser relativamente lenta. Esto es notorio, especialmente, en los árboles frutales para los que se requieren dos o tres períodos de tratamiento antes de que los efectos sean patentes.

Las concentraciones bajas de sodio y de cloro en la Gran Bretaña aparecen, especialmente, en los terrenos arenosos apartados del mar. El mejor sistema de corrección es la adición de sal.

Como ya hemos mencionado anteriormente, la falta de azufre es desconocida en la Gran Bretaña quizá debido a la gran variedad de substancias que lo contienen y que se añaden a los terrenos. Cuando tal deficiencia existe puede remediarse por medio de cualquier tipo de abono sulfatado. También puede emplearse el azufre libre, el cual se transforma fácilmente en sulfato por la acción de distintos micro-organismos.

Un valor elevado del *p*H del terreno, y posiblemente un alto porcentaje de fósforo, son los factores más importantes que favorecen una insuficiencia

de hierro. Un elevado *p*H hace el hierro inasimilable para las plantas, y esta situación no puede mejorarse por la simple adición de sales de hierro. Un método de tratamiento consiste en pulverizar el follaje con una solución diluída de sulfato ferroso (aproximadamente al 0,5%). Cuando se trata de árboles el sulfato ferroso, el citrato férrico o el tartrato férrico, pueden ser inyectados en el tronco y ramas de los mismos. La presencia de materia orgánica en activa descomposición, o de una capa de hierba, tienden a incrementar la cantidad de hierro asimilable, pudiendo por lo tanto ejercerse en ocasiones un control efectivo de esta insuficiencia mediante la aplicación de estiércol o el cultivo de cesped bajo los árboles afectados. Lo cual no es aplicable para cultivos ordinarios, pero recientemente se ha descubierto un método aplicable a los tomates, el cual consiste en turba rociada con una solución de sulfato ferroso. Los métodos para mejorar la escasez de hierro no son muy satisfactorios y es todavía la deficiencia de más difícil corrección.

La deficiencia de manganeso en Inglaterra está asociada con circunstancias bien definidas. Las áreas mayormente afectadas son en los Fens, Romney y Walland en Kent y en partes de Yorkshire. Generalmente le acompaña un *p*H elevado (más de 6,5), debido a un exceso de cal, de materia orgánica y a un drenaje imperfecto. Durante la guerra el defecto de manganeso apareció especialmente en tipos de terreno susceptibles durante la primera cosecha después del arado de antiguos pastos. Los problemas relativos a la mejora de esta deficiencia son parecidos a los del hierro, pero los resultados prácticos son más satisfactorios. En ciertos casos se logran buenos resultados aplicando sulfato de manganeso, pero hay suelos donde esto no produce efecto alguno. En el caso de los árboles frutales los tratamientos del suelo son ineficaces, pero se han logrado muy buenos resultados, tanto en hortalizas como en los frutales, por medio de las pulverizaciones. Los efectos debidos a una aplicación excesiva de cal son contrarrestados por medio del azufre esparcido en una dosis de 2 toneladas por hectárea, por más que este remedio es algo caro. Cuando se usa así el azufre, el *p*H del suelo decrece. Estiércol de buena calidad es efectivo durante la misma estación en que se le aplica; las escorias básicas pueden proporcionar buenos resultados aunque tienen el inconveniente de incrementar aún más el *p*H del suelo.

La insuficiencia de boro está condicionada principalmente por el contenido natural de este elemento en el suelo. Ocurre en general en los terrenos areniscos ligeros y en los derivados de formaciones cretáceas, y puede ser provocada en terrenos arenosos por la adición de cal. Puede remediarse fácilmente por medio de la adición de borax o de ácido bórico. En el caso de árboles frutales aquella deficiencia puede mejorarse por medio de inyecciones en el tronco o con pulverizaciones de ácido bórico.

Ya que en la Gran Bretaña se desconoce la insuficiencia de zinc y de cobre, no se han determinado las correspondientes características del suelo. Los factores coadyuvantes a tal falta no son aún bien conocidos, pero la escasez de zinc se cree que está relacionada con la actividad de ciertos organismos en el terreno y parece estar favorecida por el fósforo en alta concentración. La falta de cobre es, más comunmente, existente en los terrenos turbosos, pero también aparece en terrenos arenosos. Las dos deficiencias últimamente mencionadas pueden contrarrestarse por la aplicación al terreno de los sulfatos respectivos, o bien por pulverizaciones en el follaje o por inyecciones.

BIBLIOGRAFIA

[1] RUSSELL, F. C. «Minerals in Pasture. Deficiencies and Excesses in Relation to Animal Health.» *Imp. Bur. of Animal Nutrition, Aberdeen, Tech. Commun*, 1944, 15.

[2] WALLACE, T. *The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants: A Colour Atlas and Guide.* H.M.S.O., 1944, London.

[3] DENNIS, R. W. G., y O'BRIEN, D. G. «Boron in Agriculture.» *Res. Bull.* 1937, No. 5. The West of Scotland Agricultural College Plant Husbandry Dept.

[4] CHANDLER, W. H. «Zinc as a Nutrient for Plants.» *Bot. Gaz.*, 1937, **98**, 625.

[5] SOMMER, ANNA L. «Copper and Plant Growth.» *Soil Sc.*, 1945, **60**, 71.

[6] ANDERSON, A. J. «Molybdenum Deficiency on a South Australian Soil.» *J. of Austr. Inst. of Agric. Sc.*, 1942, **8**, 73.

[7] FRICKE, F. E. «Pasture Establishment on Ironstone Soil at Cressy: Molybdenum Deficiency.» *Tasmanian J. of Agr.*, 1943, **14**, 69.

[8] JONES, J. O., NICHOLAS, D. J. D., WALLACE, T., y JEFFERISS, A. «Experiments in the Control of Magnesium Deficiency in Glasshouse Tomatoes.» *Ann. Rep. Long Ashton Res. Stn.*, 1944, 61.

Paludrina—un nuevo específico anti-palúdico

FRANK L. ROSE

La captura por los japoneses de las plantaciones de quinina de las Indias Orientales, en una época en la que era preciso mantener grandes ejércitos en las zonas más palúdicas del mundo, amenazó con ser un golpe muy serio para las Naciones Aliadas. El peligro inmediato pudo evitarse mediante la fabricación en gran escala del nuevo producto sintético llamado mepacrina. Pero la mepacrina posee varios defectos, que obligaron a realizar investigaciones intensivas de nuevos y mejores anti-palúdicos en la Gran Bretaña.

El paludismo es uno de los peores azotes de la humanidad. Aún en nuestros días ataca a varios cientos de millones de personas, y se estima en unos tres millones la cifra de fallecimientos anuales debidos directamente a la enfermedad. Es imposible determinar el número de las personas que quedan tan quebrantadas como resultado de la misma que son presa fácil de otras dolencias mortales. Es sabido que la enfermedad se contagia de persona a persona por medio de un insecto, el mosquito anofeles, pero es menos conocido el hecho de que los gérmenes productores pasan por un ciclo vital complicado del que algunas fases no están perfectamente definidas.

La expresión ciclo vital niega un origen al gérmen del paludismo, por lo que conviene comenzar el ciclo en la fase de *esporozoito*, en la que los gérmenes se concentran principalmente en las glándulas salivares del mosquito; de aquí pasan al hombre cuando el insecto pica. Después, por espacio de algunos días, los gérmenes desaparecen. Los efectos posteriores prueban que aún están vivos, y pasando por diversas modificaciones, probablemente en los tejidos del cuerpo humano, pero lo que ocurre en realidad no se conoce, y para cubrir esa ignorancia se ha sugerido como denominación de los gérmenes en dicho estado la palabra *criptozoitos*. La primera vez que aparecen visibles en el cuerpo humano es cuando se presentan en forma anular, bien dentro de los glóbulos rojos, o adheridos a la superficie de los mismos. Después de seguir desarrollándose, y después de la división de la cromatina nuclear, se alcanza el estado llamado de *esquizón*, el que a su vez se divide en numerosos corpúsculos llamados *merozoitos*. Al mismo tiempo, el glóbulo rojo se desintegra, dejando en libertad a estos corpúsculos en la corriente sanguínea, en la que buscan otros glóbulos rojos y empiezan de nuevo su multiplicación. La aparición de la fiebre coincide con esta ruptura periódica de los glóbulos rojos, y el intervalo de tiempo entre rigores es característico del tipo de gérmen que origina la enfermedad. Después de varios de estos ciclos (*esquizogonia*) algunos gérmenes abandonan el proceso y se diferencian en machos y hembras, estando aún dentro de los glóbulos rojos, dando lugar a los *gametocitos*. Estos se vuelven a liberar de nuevo cuando destruyen el glóbulo rojo que los aloja. Posteriormente no vuelven a dividirse en el hombre, pero con el transcurso del tiempo pueden ser asimilados por un mosquito al absorber la sangre de una persona. Después de otros cambios, entre los que se cuenta la unión sexual, la vida del gérmen vuelve al ciclo completo con la nueva aparición de los *esporozoitos* en las glándulas salivares del insecto.

Cuando se iniciaron las investigaciones a continuación descritas tan sólo tres productos tenían importancia en el control del paludismo en el hombre. Estos productos eran la quinina (y sus derivados inmediatos) como substancia natural, y las substancias sintéticas mepacrina y pamaquina. Ninguno de los tres productos puede considerarse como un perfecto anti-palúdico.

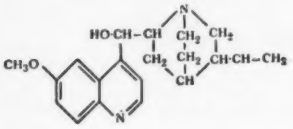
Todos producen síntomas tóxicos, y la mepacrina en particular es una substancia coloreada que comunica a la piel un tinte amarillento. La quinina y la mepacrina limitan sus actividades al estado de la enfermedad en que el gérmen está contenido en la sangre; en otras palabras, solamente actúan cuando el gérmen hace ya algún tiempo que ha entrado en el cuerpo, y aún en este caso no curan de una manera radical. La pamaquina tiene un efecto muy marcado sobre los gametocitos, previniendo la reinfección del mosquito, y según ciertos autores hace menos frecuentes los estados febriles, pero es tan

peligrosamente tóxica que ha de ser usada bajo estricta supervisión médica. Finalmente, todas estas substancias son difíciles de producir, por lo que su uso no puede hacerse extensivo, por ejemplo entre poblaciones indígenas.

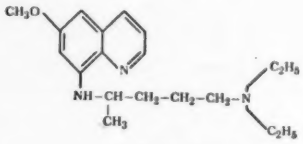
El objetivo de las investigaciones estaba claro: un producto incoloro, no tóxico, preferible de simple estructura, que fuera efectivo no sólo cuando el gérmen se encuentra en la sangre, sino en los estados anteriores, de modo que actuando como un verdadero profiláctico de la causa eliminase la enfermedad en un estado lo menos avanzado posible.

La quimioterapia exige que cualquier posible enfermedad se estudie primeramente en animales experimentales pequeños, cuanto más pequeños mejor. Hay diversas razones para esto; la primera, que la experimentación directa con nuevas drogas en seres humanos no es deseable, excepto en el caso de que no exista otra alternativa. La segunda, que se acostumbra a administrar medicamentos en dosis de un número determinado de gramos por kilogramo de peso del cuerpo, y como muchas substancias son extraordinariamente complejas y su preparación, incluso en pequeñas cantidades (1 gramo o aún menos) es muy laboriosa en la mayoría de los casos, la elección de animales pequeños para experimentos permite estudiar la acción del medicamento en el máximo número de « casos ». Afortunadamente, muchas de las enfermedades que sufre el hombre, y en particular algunas infecciones bacteriales pueden reproducirse en animales como el ratón, y siempre hay probabilidades de que medicinas que han sido eficaces en este animal lo sean también en las condiciones humanas correspondientes.

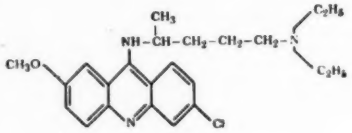
El paludismo se adapta menos a este procedimiento. No se conoce ningún mamífero de laboratorio que contraiga el tipo de paludismo que aflije a la especie humana; algunas formas de la enfermedad se suelen producir en el mono, pero estos animales no pueden considerarse pequeños en el sentido que damos aquí, y en todo caso son los menos tratables de las especies experimentales. Sin embargo, algunas aves pueden adquirir infecciones análogas al paludismo humano, transmitiéndose la enfermedad también por medio de un mosquito. Los gérmenes desaparecen por cierto tiempo después de entrar en el cuerpo del animal, hasta que aparecen finalmente en los glóbulos rojos. Las aves apropiadas para la experimentación son los pollos de gallina y de pato, ciertas especies de gorrión, y el canario. Cada una de estas aves presenta una reacción peculiar a los diversos estados virulentos producidos por la acción de los gérmenes, conocidos por nombres de *Plasmodium* (o *P.*) *gallinaceum*, *P. lophurae* y *P. relictum*. Hay que meditar mucho antes de elegir el ave o el gérmen más indicado en cada caso, ya que una selección errónea puede significar, en las investigaciones de laboratorio, la omisión del estudio de un producto aplicable al paludismo humano, por el hecho de haber demostrado poca o ninguna eficacia en el caso particular de infección estudiado.



Quinina



Pamaquina

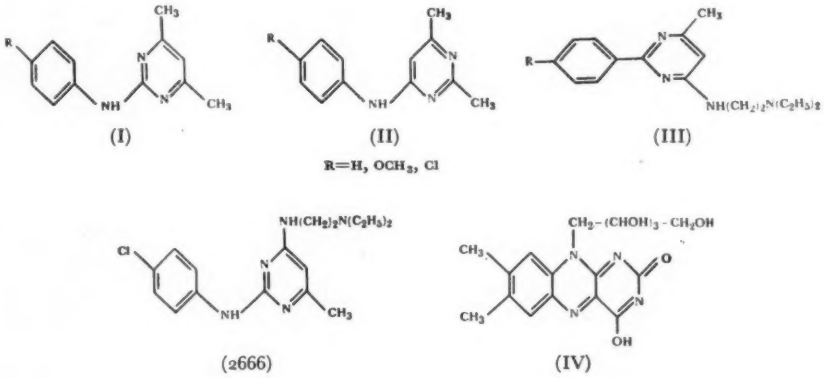


Mepacrina

No disponemos de espacio para discutir las razones que aconsejaron el tipo de ave que fué finalmente elegido (en el número de Diciembre de 1945 de *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* se publicó un detallado artículo sobre este asunto) pero los acontecimientos posteriores demostraron lo acertado de la elección del pollo de gallina inoculado con *P. gallinaceum* en los experimentos iniciales para seleccionar los diversos preparados químicos. No obstante, no se descartó el empleo de otros tipos de ave, infectados con otras variedades parasíticas; pero su estudio se consideró como de segunda fila y especialmente para distinguir entre drogas cuya acción se supuso tener efecto en diferentes formas. Se verificó un estudio muy detenido de las fases del ciclo vital del gérmen que tienen lugar en el pollo, y se sugirió que, en estas especies, se pasa de la fase de esporozoito a una *fase primaria del tejido* (o *fase exoeritrocítica*) y de ésta a la fase sanguínea. Desde aquí se vuelve a otra fase del tejido que se puede relacionar íntimamente con la citada fase primaria del tejido. Esta fase secundaria puede dar lugar

a nuevas formas sanguíneas o *eritrocíticas*, y de este modo parece mantenerse el proceso del ciclo vital dentro del pollo. Era lógico esperar encontrar grandes diferencias entre la vida clínica del gérmen en el pollo y en las diferentes especies que atacan al hombre, pero teniendo en cuenta todos los estudios realizados se consideró que la existencia y persistencia de una fase secundaria del tejido en el hombre, del mismo modo que se postuló para el pollo, podría explicar las recaídas que se presentan en el paludismo humano.

pués de las muy amplias investigaciones que a partir de ellas se han llevado a efecto en todo el mundo. Por diversas razones la elección recayó en el núcleo de pirimidina; en primer lugar, porque la química de este sistema cíclico es familiar como resultado de trabajos realizados con derivados de la sulfapirimidina; y se acababa de aprender que dichos derivados eran eficaces hasta cierto punto en el tratamiento del paludismo; en segundo lugar, por tratarse de una estructura que se presta a la introducción de



Mediante los experimentos en el pollo se confió en poder distinguir entre drogas cuyo efecto fuera el de verdaderos profilácticos causales, o de supresión, y el de las que controlan el régimen de recaídas.

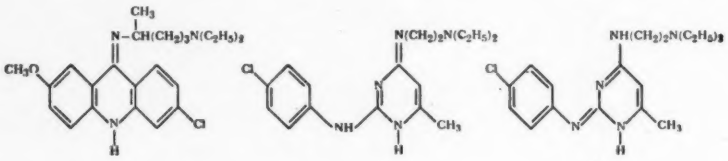
Cuando se investiga una nueva serie de drogas, ocurre con frecuencia que las primeras preparaciones presentan tan sólo ligeros indicios de actividad, y a menos que la prueba biológica sea extraordinariamente sensitiva puede ocurrir que estos indicios pasen desapercibidos. Uno de los aspectos del trabajo de experimentación efectuado en la investigación que nos ocupa fué la elevada sensibilidad, además de que los resultados, correctos bajo el punto de vista estadístico, permitieron distinguir entre preparados cuya actividad era casi la misma. Esto indicó a los químicos si se encontraban lejos o cerca de su objetivo al variar la estructura de la molécula de la droga en cada caso particular.

Consideremos ahora el aspecto químico de la investigación. Lo primero fué elegir un nuevo tipo molecular para el estudio del problema, y esto se hizo deliberadamente, porque no parece probable conseguir una solución basándose en las tres substancias anteriormente mencionadas, des-

aquellas agrupaciones químicas de supuesto efecto anti-palúdico, y en tercer lugar, por tratarse de una de las moléculas « vitales » que se presentan en muchos sistemas de importancia fisiológica, tales como los ácidos nucléicos y numerosos fermentos.

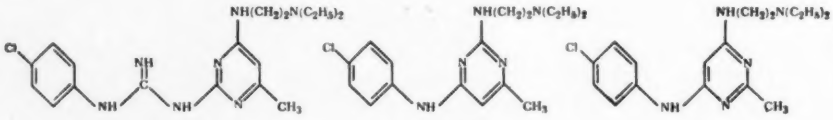
Por lo que se refiere al modo de tratar el anillo de pirimidina para producir medicinas antipalúdicas, al considerar la estructura molecular de la quinina y la mepacrina se vió que dichas estructuras pueden asimilarse a derivados bencénicos, conteniendo metoxil, y asociados a un anillo que contiene un átomo de nitrógeno, y una « cadena lateral básica ». La presencia de cloro en la mepacrina sugirió la idea de que este elemento puede tener también actividad antipalúdica. Los primeros preparados fueron estructuras muy sencillas, tales como las (I) y (II), que demostraron ser inactivas. Se introdujeron en las moléculas cadenas laterales de dialkylamino-alkylamino obteniéndose (III) y 2666. De éstos, el 2666 produjo una actividad moderada en la supresión de las formas sanguíneas del gérmen en el pollo, y aunque un ensayo clínico preliminar resultó sin ningún éxito, el primer paso importante estaba dado y el mayor obstáculo vencido al

descubrirse una guía en la investigación, y de aquí en adelante la intensificación de ésta continuó con vistas a descubrir estructuras más activas. El bioquímico prefiere siempre llevar sus investigaciones de acuerdo con cierto plan, más bien que entregarse a variaciones puramente empíricas de la molécula prototipo, y uno de los métodos más satisfactorios en quimioterapia consiste en plantear una hipótesis que relacione la estructura con el efecto biológico, y de aquí, por



(V) (VI) (VII)

medio de una síntesis apropiada, tratar de verificarla o negarla. En nuestro caso se consideraron diversas hipótesis, de las que una trató de explicar la actividad del 2666 basándose en una aparente semejanza de su estructura con la de la riboflavina, que es un factor de crecimiento. Esta hipótesis está de acuerdo con un nuevo sistema de quimioterapia, postulado primeramente en 1940 por D. D. Woods para explicar la actividad de la sulfanilamida, y desarrollado poco después



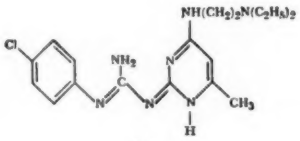
(3349) (VIII) (IX)

en un sentido más general por P. Fildes, quien estima que algunos agentes terapéuticos actúan sobre incitadores de enfermedad en el organismo, por ejemplo bacterias, inhibiendo el uso de factores químicos esenciales para su crecimiento o multiplicación. Esta teoría casi siempre parece implicar una semejanza en la estructura del factor de crecimiento y en la del inhibidor. La comparación del 2666 con la fórmula de la riboflavina (IV) indicó una ligera semejanza entre ambos, y posteriormente una investigación bioquímica probó que con respecto al crecimiento del organismo *Lactobacillus casei* los dos compuestos eran antagonistas. Esto fué suficiente para continuar la investigación y tratar de hacer aún más patente el antagonismo, pero no obstante la preparación de un gran número de compuestos no se pudo conseguir ningún avance de consideración por este camino que mejorase la acción anti-palúdica del 2666.

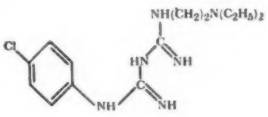
En una segunda hipótesis se consideraron las posibilidades tautoméricas señaladas en las estructuras activas, y a medida que los experimentos se sucedieron fué ésta la hipótesis que condujo finalmente a la paludrina. Schönhofer, el descubridor de la pamaquina, había observado que el núcleo central de la mepacrina podía transformarse tautoméricamente mediante la migración del átomo de hidrógeno del grupo 5-imino al anillo del átomo de nitrógeno, produciendo la disposición de ligazones para-quinonoides que se puede apreciar en (V). Una disposición similar parecía posible en la molécula del 2666, y un examen más detenido de la misma demostró que podían formularse cuando menos seis estructuras tautoméricas.

Algunas de ellas, por ejemplo la (VII) eran de tipo orto-quinonoido. Varios meses después del 2666 se produjo el 3349, que recordaba íntimamente al anterior pero se diferenciaba de él por tener un grupo guanidina de unión entre los núcleos bencénico y pirimidínico. La introducción de este grupo aumentó aún más el número total de posibilidades tautoméricas en la molécula. A esto correspondió una intensificación de la actividad antipalúdica en el pollo, y el descubrimiento, por vez primera en las nuevas series, de una acción anti-palúdica en el hombre. Y otra observación de importancia se hizo: los dos isómeros del 2666, (VIII) y (IX), en los que los grupos unidos al anillo de pirimidina se hallan

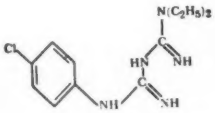
transpuestos, se mostraron activo e inactivo, respectivamente. Cuando se analizó el tautomerismo de dichas estructuras se encontró que las posibilidades existentes para el (IX) eran menores que las del 2666, 3349 o (VIII). Por otra parte, los tautómeros se diferenciaban cualitativamente de los de las estructuras activas. En el último grupo era posible, con cada substancia, formular la molécula de tal modo que el anillo bencénico y la cadena básica lateral se unían por intermedio de un sistema conjugado formado por átomos alternados de carbono y de nitrógeno. La estructura (VII) indica esto en el caso del 2666, y la (X) prueba la disposición similar en el 3349. De ningún modo fué posible conseguir la misma disposición en el inactivo (IX). Y aquí, se pensó, reside el secreto de la actividad anti-palúdica en este tipo particular de substancia química. Siendo esto así se dedujo que un anillo central no era un componente esencial, y que cualquiera de los sistemas relacionados, con tal de tener la disposición alterna de átomos de carbono y nitrógeno con las correspondientes ligazones dobles podría ser anti-palúdico. El tipo molecular más sencillo cumpliendo estas condiciones era el de las biguanidas, y el compuesto (XI), formulado de modo un poco arbitrario para hacer patente su relación con el 2666, se preparó. Este compuesto no mostró actividad en el pollo, y, no obstante, por tratarse de una base mucho más enérgica que el 2666, se suprimió parte de la cadena lateral básica con objeto de aproximarlo a éste en sus propiedades, con lo que se obtuvo la síntesis de un nuevo cuerpo, el 3936, en el que volvió a aparecer la actividad mucho más efectiva que en los anteriores, ya que demostró, por primera vez, acción contra la fase exo-eritrocítica del gérmen en el pollo. En la próxima etapa se trató de modificar la molécula del 3936 para conseguir un compuesto aún más eficaz, con el resultado de que en Noviembre de 1944 se sintetizó la paludrina, que ha demostrado ser el anti-palúdico más activo entre los derivados de la biguanida. La paludrina se administra por via bucal en su forma de clorhidrato incoloro, y en el pollo y en otras especies experimentales es varias veces más eficaz que la mepacrina o la quinina, y tiene un campo de acción más amplio; no solamente destruye los gérmenes del paludismo en la sangre de las aves, si no que cuando se administra oportunamente corta la infección. El hombre la tolera bien, habiendo sido administradas dosis hasta de 1,5 gramos diarios; y en muy pequeñas cantidades, del orden de 10 mg. por día. produce efecto en la fase clínica del paludismo.



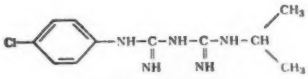
(X)



(XI)



(3936)



Paludrina (basis)

REFERENCIAS

CURD, F. H. S., DAVEY, D. G., y ROSE, F. L. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 1945, **39**, 139, 157, 208.

ADAMS, A. R. D., MAEGRAITH, B. G., y otros colaboradores. *Ibid*, 165, 169, 173, 180, 217, 225, 232.

La función de la ciencia en la sociedad: los fundamentos

E. F. CALDIN

Mucho de lo que últimamente se ha escrito sobre las funciones sociales de la Ciencia está tan influído por prejuicios políticos que tiene muy poco valor. En este interesante artículo, el Sr. Caldin ha sabido evitar este error sin dejar de tratar problemas fundamentales. Sostiene la tesis, tan bien establecida, pero tantas veces olvidada, de la Ciencia como fuente de verdad además de ser un medio para mejorar las condiciones de la humanidad. Los hombres de ciencia encontrarán en él mucha materia para reflexión.

En la actualidad, cuando en la Gran Bretaña se hacen planes para ampliar las investigaciones científicas, es de gran importancia comprender con claridad los valores fundamentales de la Ciencia para poder reclutar las personas apropiadas y crear un medio ambiente adecuado para estos trabajos. El punto de partida está en reconocer que la Ciencia tiene dos aspectos: *a*) como fuente de conocimiento, y *b*) su aplicación para modificar las condiciones materiales de la vida. Su prestigio actual se debe sobre todo a este último papel, pero para su desarrollo completo hemos de tener en cuenta el primero de sus dos aspectos. Por esta razón, una discusión sobre la significación de la Ciencia como fuente de verdad es altamente necesaria.

Se pueden distinguir tres tipos importantes de trabajos a los que se puede dedicar un hombre con preparación científica: *i*) la ciencia pura, *ii*) la ciencia aplicada y *iii*) la tecnología. Entendemos por ciencia pura el estudio de la naturaleza sin otro fin que el beneficio que se deriva de la mera comprensión de los fenómenos naturales, sin considerar los beneficios materiales. Su método es investigar u observar, para interpretar más tarde los resultados y compararlos con una teoría que, aunque provisional, nos de un cierto grado de comprensión. Las ciencias aplicadas usan los mismos métodos y consiguen la misma clase de conocimientos, con la diferencia de que en su aplicación está la razón de sus investigaciones. Hay muchas afinidades entre la ciencia pura y la aplicada. Los materiales en que trabajan y los métodos científicos empleados son los mismos, y las tesis producidas son parecidas. Además, puede suceder que los que trabajan en ciencias aplicadas se interesen más en los conocimientos adquiridos que en sus aplicaciones, teniendo así una comprensión de la Naturaleza igual a la de sus colegas académicos. Es imposible hacer distinciones entre la ciencia pura y la aplicada, basándose en diferencias hipotéticas de preparación o competencia de sus trabajadores, ni en su organización ni en sus métodos — que en las dos clases de estudios son simplemente los de las ciencias naturales — ni en el resultado inmediato de los trabajos, que es para ambas una nueva comprensión de la Naturaleza. Existe, sin embargo, una diferencia evidente entre los puntos de vista generales de los hombres de ciencia pura y los de la ciencia aplicada. El fin perseguido por los estudios científicos puros es el de aumentar el bien de la humanidad por medio de la comprensión del mundo, esto es, el avance hacia la verdad y el bien, tal como es posible para quien estudia la Naturaleza a través de la Ciencia. El fin perseguido por la ciencia aplicada es el control de la Naturaleza y su manejo para el bienestar material del hombre. La distinción entre estos fines corresponde a las distinciones entre las funciones especulativas y prácticas de la inteligencia.

Esta diferencia de fines no es una distinción estéril, corresponde a una gran diferencia de los puntos de vista de los hombres de ciencia en cuestión, a diferencias en la orientación, en la selección de los problemas de investigación, en los puntos que hacen resaltar en sus exposiciones, y últimamente en diferencias de opinión acerca de la orientación que deberían tomar las investigaciones fundamentales: si debieran seguir la lógica interior de los conocimientos adquiridos o si se debería investigar sistemas de posible importancia técnica. La diferencia de fines distingue también la Ciencia de la Tecnología. La Tecnología es la aplicación de los conocimientos obtenidos por la Ciencia pura o aplicada, para el desarrollo y la práctica de técnicas para

controlar la materia. Mientras la investigación científica se interesa en obtener y organizar el conocimiento, la investigación tecnológica se interesa en la aplicación de este conocimiento para fines no científicos.

Algunos, aún hombres de ciencia, han tenido dificultad en encontrar las bases de las diferencias entre la Tecnología y la Ciencia. Hay en efecto muchas afinidades entre ellas. Las dos tratan del mismo género de conocimiento del mundo, las dos usan métodos experimentales en sus investigaciones, ambas emplean hombres con preparación científica, ambas usan vocabularios parecidos. La Tecnología depende de la Ciencia para el conocimiento que aplica, y algunas veces provee el material en bruto del avance científico, esto es, nuevas observaciones u otros estímulos para la investigación. No se puede hacer distinciones en los temas tratados, preparación del personal, o terminología, ni se podrían separar fácilmente los estudios científicos de la Tecnología, de la que dependen íntimamente para obtener sus materiales y aparatos. Sin embargo, es imposible mantener que la Ciencia y la Tecnología son idénticas o inseparables, sin negar las distinciones de su significado. La primera distinción se halla de nuevo en sus fines. Todo lo que hemos dicho sobre la Ciencia aplicada también puede referirse a la Tecnología, y las diferencias resultantes del punto de vista personal y de la organización del trabajo son aún más marcadas. A un técnico, por ejemplo, se le dan los problemas y se espera que él halle la solución, mientras en la Ciencia es esencial que exista cierta libertad de investigación. La segunda distinción está en los métodos. El método de la investigación tecnológica moderna es el de aplicar los resultados científicos tanto como sea posible y hacer experimentos « ad hoc » cuando aquéllos sean insuficientes. Si el sistema bajo consideración es lo bastante sencillo, y si la investigación científica ha progresado lo suficiente, solamente es necesario el comprobar un resultado anticipado por razones científicas. Pero sucede a menudo que hay demasiados factores desconocidos, o que los datos científicos existentes no se extienden lo suficiente o que varios fenómenos ocurren simultáneamente. Por estas razones u otras puede ser necesario probar varias tentativas hasta que una de ellas tenga éxito. Hay en dichas investigaciones experimentales importantes analogías con los experimentos científicos: ciertos factores variables bajo control, y el empleo de la correlación de variables. Pero, en conjunto, su método difiere radicalmente del científico. El cual, por proponerse la comprensión del sistema bajo investigación se halla, por esencia, relacionado con otro aspecto del método científico, a saber: con la formulación de hipótesis explicativas. Todo experimento que no produzca una nueva comprensión es un fracaso; y los experimentos se planean para, dada una hipótesis, probarla o refutarla. Por otro lado, la parte experimental de la Tecnología, excepto en los casos en que usa los conocimientos adquiridos por la Ciencia, usa simplemente el método de prueba y error, y éste no nos conduce a una comprensión nueva de la Naturaleza. En general, la Tecnología se contenta con compilar los resultados de la observación en una forma conveniente para conseguir ciertos fines prácticos específicos. No busca el comprender las relaciones que haya entre las observaciones. La Tecnología presupone conocimientos científicos, pero por lo general no contribuye a ellos. Las tablas de datos cuantitativos por extensas y exactas que sean, no constituyen conocimientos científicos, aunque pueden ser material bruto para los hombres de ciencia. Una tercera distinción es la restricción de la esfera de interés en la Tecnología. Muchos fenómenos científicos de gran importancia, los eclipses por ejemplo, son inútiles para la Tecnología y son ignorados.

Si consideramos estas diferencias de fin, método y esfera de interés, no es posible mantener que la Ciencia y la Tecnología son indistinguibles, además de inseparables. Mucho de lo que se ha escrito sobre el papel de la Ciencia en el mundo de postguerra es en realidad sobre la Tecnología, considerando a la Ciencia sólo como una parte de sus fundamentos necesarios. Nadie negará que la Tecnología tendrá gran importancia en la Gran Bretaña, pero el problema de su posición en la Sociedad es completamente distinto del problema de la posición de la Ciencia. Aunque los científicos tienen una preparación especial para discutir sobre lo segundo, con respecto a lo primero solamente pueden opinar como ciudadanos. Es a la segunda de estas cuestiones que vamos a dedicar el resto de este artículo.

El problema importante para el hombre de ciencia y para cualquiera que posea ciertos conocimientos científicos estriba en la influencia que pueda tener la Ciencia sobre su pensamiento y su vida práctica, y por lo tanto en sus conciudadanos. La vida es una unidad, y su parte científica influye sobre el resto; un científico llega a ser, debido a sus estudios, un hombre mejor o peor,

ya que su influencia sobre sus semejantes puede ser dañina o beneficiosa. Es importante, por lo tanto, el comprender cómo debiera la Ciencia integrarse con el resto de la vida del científico, y cómo se refleja esto en su influencia social.

La clave de esta integración está en que la vida científica es un tipo de vida racional, una adaptación de los principios comunes de toda vida racional a una actividad particular. Por lo tanto, si se siguen estas normas, deben desarrollarse las cualidades que hacen posible la vida racional en otros aspectos de la vida. La vida científica es un tipo de vida llevada a cabo de acuerdo con principios lógicos. Primero: exige la experiencia de los sentidos, no la experiencia fortuita, ni la evidencia indocumentada, sino la observación cuidadosa y la busca inteligente, una mente alerta para la novedad, pero a la vez entrenada para la verificación cautelosa. Segundo: exige la interpretación de las observaciones por medio de raciocinios, lo que pone orden en los datos de los sentidos. Se requiere además una lógica rigurosa, una imaginación controlada, una intuición intelectual, un análisis claro y una síntesis amplia. Exige que aprendamos acerca de la Naturaleza por experiencia, lo que es distinto de inventar historias, y que interpretemos la experiencia con raciocinios, lo que es distinto de recordar o aplicarla simplemente. Tercero: se caracteriza por el continuo intercambio entre experimentación y teoría. Los experimentos sugieren hipótesis, éstas a su vez sugieren experimentos que pueden servir para comprobarlas. La vida científica, pues, necesita una unidad racional de pensamiento y de acción. Cuarto: es una tradición en desarrollo, no es un código de leyes inalterables, ni por otro lado es una amorfa colección de reglas de autenticidad variable, exenta de criterio establecido para juzgar nuevos avances. Es decir, el espíritu científico no tolerará ni una inmovilidad estéril ni una inconstancia sin raíces. Los conceptos científicos necesitan una revisión periódica y un ajuste constante. Quinto: en consecuencia, la vida científica necesita libertad; libertad de pensamiento, discusión, publicación e investigación. Sexto: el trabajo científico es una empresa social y personal al mismo tiempo. Todos los hombres de ciencia deben creer en un gran número de hechos establecidos por sus colegas y predecesores y casi nunca es monopolizada una especialidad por mucho tiempo por un solo hombre. Por consecuencia, la práctica científica necesita integridad personal y respeto para los colegas, tolerancia para la opinión de otros y resolución para mejorar la propia y tener cuidado en no insistir demasiado en las tesis propias, ni desestimar las de los demás. Así se tiende a un estado mental que es un equilibrio entre apreciación y crítica.

Todos los principios que hemos expuesto pertenecen también a otros estudios, y, en verdad, a cualquier empresa conducida racionalmente, desde los estudios filosóficos hasta la organización de una granja. Todos los estudiantes pueden reconocer en ellos los fundamentos de su especialidad. Pero persiguiendo la Ciencia natural, usamos una adaptación especial de esos principios, una interpretación especial del método racional. Los historiadores usan otra interpretación, y los filósofos otra. Los artesanos, los hombres de negocios y las amas de casa, tienen todos sus hábitos racionales especiales adaptados a su trabajo. El método de la Ciencia natural no es el único racional para alcanzar la verdad, es una interpretación de éste adaptada a una colección particular de verdades. Es necesario subrayar este punto, para señalar a la vez un error muy común, y el modo de corregirlo. Mucha gente se ha engañado pensando que el procedimiento de la Ciencia natural es el camino real a la verdad en todos sus aspectos, que todo lo que no se pueda probar científicamente no puede ser verdad, y que las proposiciones metafísicas, por ejemplo, no tienen significado, o en todo caso son improbables. Aquí la equivocación está en que se confunde la parte con el todo, el método científico con el racional. Pero podemos sustituir este error por una verdad importante si admitimos que la Ciencia, por no poder divorciarse de otras pesquisas racionales, está conectada con éstas por el hecho de ser no sólo una interpretación, sino un microcosmos de la vida racional. Por esto, entendemos que estudiando la Ciencia y haciéndonos familiares con esta forma de actividad racional, se tiende a comprender la vida racional en general. Se comprenden los principios de cualquier procedimiento racional gracias a la práctica de una de sus formas. Así debería ser más fácil adaptar esos principios a otros estudios y a la vida en general. Los trabajos científicos, por lo tanto, debieran ser una escuela de la vida racional.

Entre paréntesis, podríamos decir que una de las necesidades mayores de la vida científica e intelectual moderna es una comprensión clara de las relaciones y diferencias entre los métodos de la Ciencia natural, Filosofía, Historia, Literatura, etc. Ya es hora de desarrollar los estudios comparativos sobre los métodos racionales, estudios

que hasta ahora han sido incompletos, y no se hallan reunidos en una sola publicación. Necesitamos un estudio general que nos indique con exactitud que los métodos de las diferentes disciplinas racionales son todos variaciones del método de la razón trabajando sobre la experiencia, y que, sin embargo, son todos, con razón, distintos. Una tal versión constructiva podría reducir en gran manera el « mareo » intelectual de nuestros tiempos, que pide a gritos una síntesis. Sin ésta existe la tendencia de construir sistemas generales basados en aspectos parciales de la totalidad, por ejemplo: el tratar el aspecto económico de la Historia como base suficiente para la interpretación de la misma, o a lo más contentarse con una reseña inadecuada de las relaciones entre las disciplinas racionales, distinguir la Ciencia de la Filosofía por una diferenciación superficial entre lo objetivo y lo subjetivo, o entre realismo e idealismo. Se podrían evitar muchas confusiones si se considerara más extensamente que la Ciencia natural está limitada por su propio método al estudio de un campo limitado por un punto de vista determinado, y que no tiene nada que decir sobre los principios de la ética o del libre albedrío. Estos los trata la Filosofía, con su campo más amplio, su enfoque más general y sus métodos distintos correspondientes. La vida científica puede ser un microcosmos de la vida racional, pero no puede llamarse el macrocosmos.

Estos puntos de vista se pueden aplicar al problema de la función social de la Ciencia. Los hombres de ciencia tienen dos razones completamente distintas, aunque inseparables, para cumplir sus responsabilidades para con sus conciudadanos. Una es el mejoramiento de las condiciones materiales de la vida por medio de la aplicación de la Ciencia. Pero la facilidad y la frecuencia con que se aplica erróneamente hacen esta justificación de su existencia completamente inadecuada. Tenemos un argumento de más peso en pro de la Ciencia si se considera como una fuerza social para acercarse a la verdad, en vez de considerarla por su utilidad. Los hombres cuya actividad está relacionada en primer lugar con la Ciencia, tanto en investigaciones como en enseñanza, pueden desempeñar una función social de gran importancia con la simple devoción a la conservación, al avance y a la propagación de la vida científica. Ya que si podemos hacer de la Ciencia una escuela real de la vida racional, por su virtud de ser un tipo y un microcosmos de procedimiento racional, debe necesariamente contribuir al desarrollo personal de los que la sigan.

Cualquiera que haya visto el desarrollo intelectual general que puede resultar de la instrucción apropiada de la Ciencia en las universidades debe admitir que los hombres de ciencia universitarios pueden contribuir en gran manera al desarrollo personal de la juventud. Toda la sociedad saca ventaja de este desarrollo personal, pues su vitalidad depende de la vitalidad y de las ideas intelectuales y morales de sus individuos. Además, probablemente se reconocerá que los valores fundamentales de la razón, de la verdad en particular, y de la dignidad de los humanos, tienen gran necesidad de ser reforzados. Quizás la Ciencia natural será uno de sus soportes, pues la Ciencia, por ser un representante de la razón, tiene la ventaja sobre la Historia, Filosofía o Literatura de que mientras viva no puede ser completamente falsa al espíritu racional verdadero. La ciencia falsa puede refutarse fácilmente por medio de experimentos reproducibles a voluntad, y fallaría si se atentara aplicarla. Nadie puede forzar a la naturaleza, no puede persuadirse por la voluntad o ser influída por la imaginación, mientras que la mayoría de los otros estudios están expuestos a perversiones que son más difíciles de eliminar y que pueden debilitar mucho el trabajo de escuelas de pensamiento y de generaciones de investigadores. Mientras la Ciencia sea tan altamente estimada por la comunidad, los hombres de ciencia tienen la responsabilidad especial de mantener la razón en la vida en general.

Podemos indicar brevemente la aplicación de estos pensamientos al problema del « plan de la ciencia ». El hacer planes en Ciencia, y el hacer planes sobre la aplicación de la ciencia son dos cosas completamente distintas. Las investigaciones de la Tecnología, y hasta cierto punto las de la Ciencia aplicada, están dirigidas a resolver problemas indicados por alguna autoridad exterior, los problemas de sanidad y de defensa nacional, por ejemplo. Pero como que el fin de la Ciencia pura es conocimiento, debe seguir, antes que su aplicación práctica, su dialéctica interna, y no puede ser dirigida por ninguna autoridad extraña a ella, y además, tal como se ha dicho muy a menudo, cualquier intento externo para dirigirla es fatal para la calidad del trabajo producido. El papel de las autoridades externas es el de proveer facilidades más bien que ejercer coerción. Lo mismo puede aplicarse al hacer planes para dirigir las investigaciones científicas desde dentro, los proyectos para repartir el trabajo y evitar su repetición no están de acuerdo con el espíritu verdadero de la Ciencia.

Los rayos cósmicos, y su origen

A. C. B. LOVELL

Se admite hoy generalmente que la radiación cósmica al nivel del mar se compone principalmente de dos componentes: el componente blando de los electrones, positrones y fotones, y el componente penetrante duro de mesotrones. Se supone también que dichos componentes son el resultado de procesos secundarios que tienen lugar en la atmósfera terrestre. El presente artículo ofrece una descripción de las investigaciones recientes y de los experimentos que las precedieron.

COMPONENTE ELECTRONICO DE LOS RAYOS COSMICOS

La intensidad electrónica de los rayos cósmicos al nivel del mar es de unos 0,3 electrones por cm.^{2} por minuto, divididos casi equitativamente en electrones positivos y negativos. Lo cual representa casi 1/3 del total de las partículas ionizantes de rayos cósmicos que existen a dicho nivel. La distribución de la energía en tales electrones se ha calculado en unos 2×10^{10} electrón-voltios (eV), y varía inversamente con el cuadrado de la energía (E), suponiéndose que esta ley del cuadrado inverso se puede extender a energías de considerable elevación. El límite superior de la escala de energía es todavía desconocido, pero es, con toda certeza, mayor de 10^{15} eV, y aún puede sobrepasar 10^{20} eV.

EL PROCESO DE MULTIPLICACION EN CASCADA

La aplicación por Bethe y Heitler [1] de la mecánica quántica para describir el comportamiento de un electrón a su paso por la materia sirvió para indicar que cuando el electrón posee elevada energía la pierde de una de estas dos maneras:

a) Por colisión con los electrones extranucleares de los átomos que atraviesa. Si en la colisión se llega a comunicar suficiente energía, puede desplazarse un electrón y el átomo quedar ionizado, o también puede éste quedar elevado a un estado de excitación y emitir un fotón.

b) Si el electrón pasa cerca del núcleo atómico entra bajo la influencia de fuertes campos eléctricos y adquiere grandes aceleraciones, perdiendo entonces energía por radiación (producción de fotones).

La subsecuente aplicación de dicha teoría de Bethe y Heitler al estudio de los rayos cósmicos por Bhabha y Heitler [2], y también por Carlson y Oppenheimer [3], en 1937, dió lugar a una explicación satisfactoria de uno de los fenómenos de más frecuente observación en los rayos cósmicos, a saber la ocurrencia de lluvias o grupos simultáneos de electrones. Se denomina este método de producción colectiva de electrones con el nombre de *proceso de cascada*, y va ilustrado diagramáticamente en la figura 1.

El electrón incidente pasa cerca del núcleo de un átomo en α y se produce la radiación de un fotón, el cual pasa a continuación cerca del núcleo de otro átomo en β y produce un par de electrones, positivo y negativo. Mientras tanto el

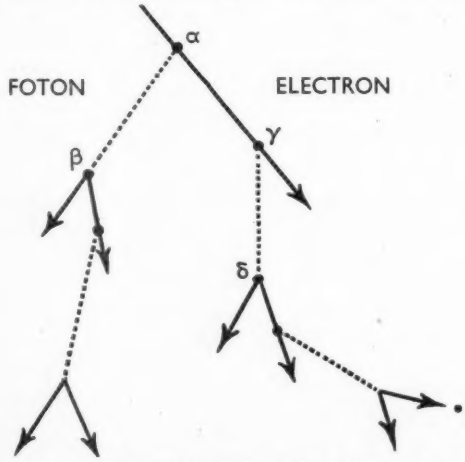


FIGURA 1 – *Ilustración diagramática del proceso de producción en cascada.*

primer electrón ha producido otro fotón en γ que a su vez produce también otro par de electrones en δ, continuando así el proceso, mientras el sistema pierde energía progresivamente. Si a su paso encuentra la cascada un número suficientemente grande de átomos, el proceso de subdivisión alcanza un punto máximo, tras el cual la energía de los electrones es tan baja que son

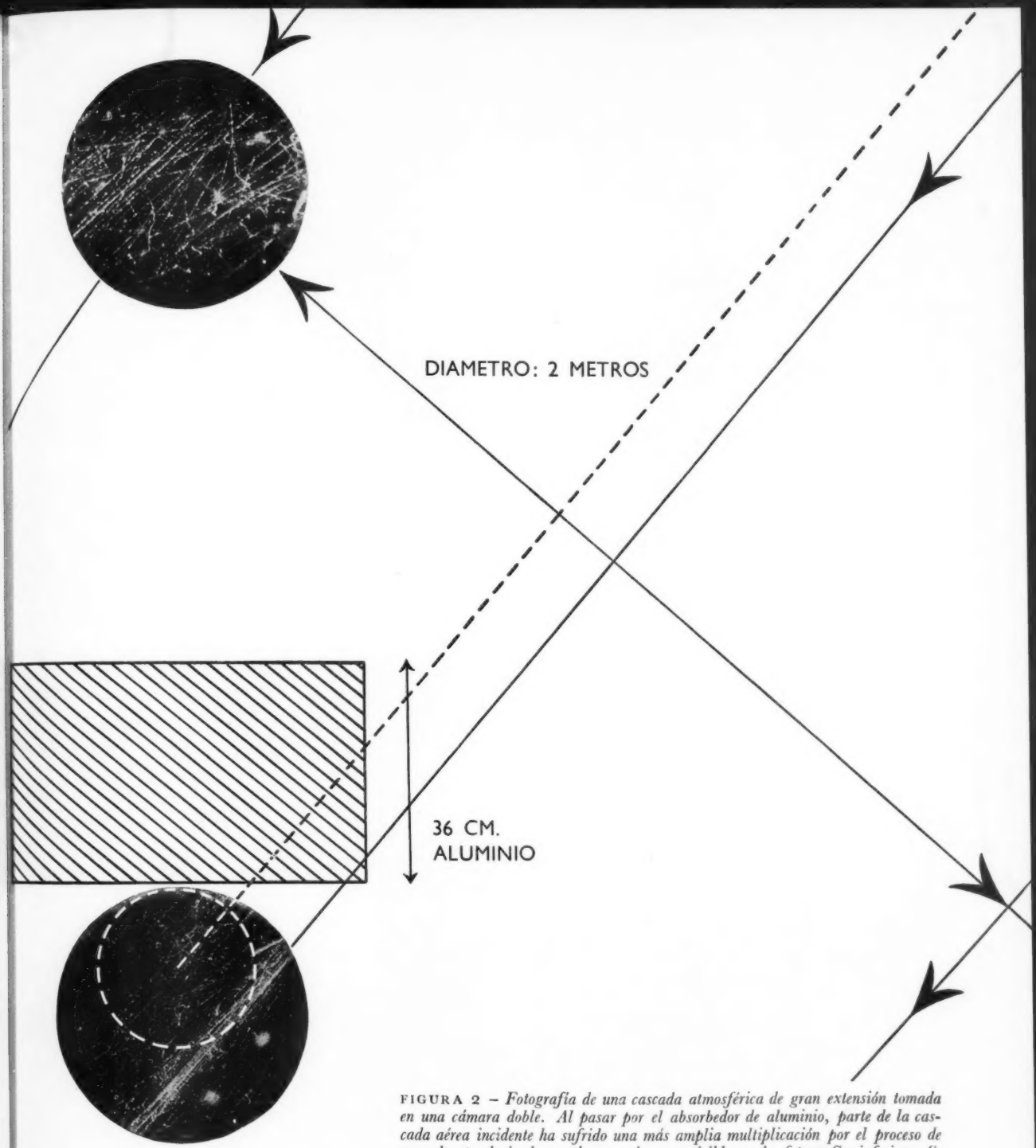


FIGURA 2 – *Fotografía de una cascada atmosférica de gran extensión tomada en una cámara doble. Al pasar por el absorbedor de aluminio, parte de la cascada aérea incidente ha sufrido una más amplia multiplicación por el proceso de cascada, produciendo un denso « chorro » visible en la fotografía inferior. Se utilizó para la obtención de estas fotografías el aparato de la figura 5; el diseño todo sigue la escala, excepto las fotografías mismas que van reproducidas al doble de la escala. La línea central indica la supuesta dirección de las partículas que dieron lugar al chorro; debiéndose a la asimetría de la escala el que dicha línea pase mucho más cerca de lo que debiera del ángulo del absorbedor de aluminio. (La posición real de la cámara inferior y la exacta locación de esta línea central a través del aluminio van señaladas por los trazos en puntos.) Se estima que la parte principal de la cascada se produjo dentro de un cilindro de unos dos metros en diámetro — indicado por las líneas exteriores — y que contendría unas* 50.000 *partículas de elevadísima energía.* (*Fotografía del Dr. J. G. Wilson y del Autor.*)

ESCALA

0 10 20 30 40 50 60 CMS.

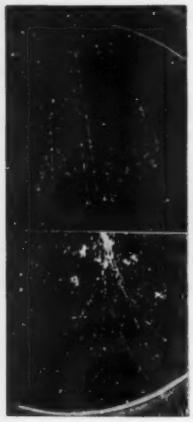


FIGURA 3 (*izquierda*) – *Una cascada típica de electrones y positrones. La cámara se hallaba dentro de un campo magnético de* 10.000 *gauss y el impulso de las partículas pudo ser calculado por la curvatura de su trazo.* (*Fotografía del Dr. J. G. Wilson.*)

FIGURA 4 (*derecha*) – *Fotografía de una cascada por impacto. La partícula de la parte superior de la cámara ha atravesado un espesor de plomo de* 20 *cm., y es un mesotrón que, al pasar por la placa de plomo que atraviesa el centro de la cámara, produce una cascada de electrones y positrones. (Dicha placa de plomo tenía un espesor de* 1,8 *cm., pero sobre ella reposaba una caja de metal que contenía un contador de Geiger.)* (*Fotografía del Autor.*)

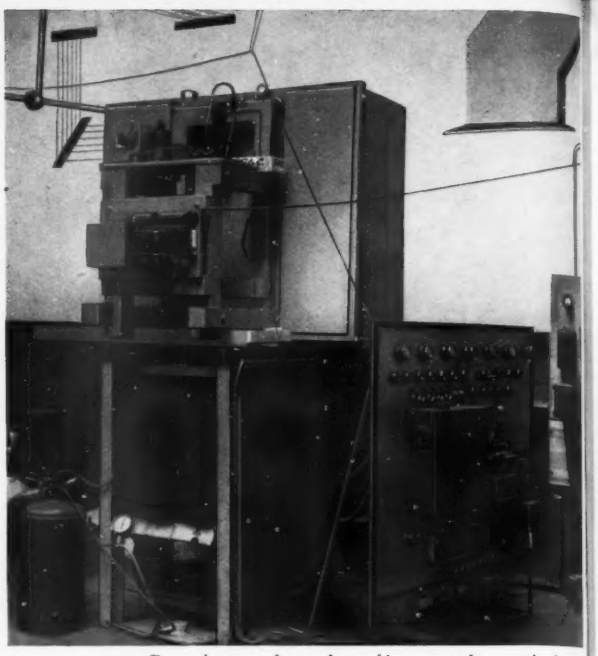
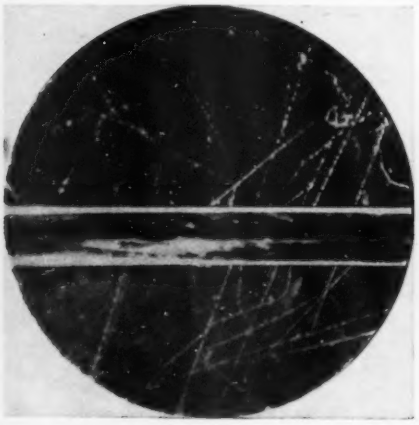
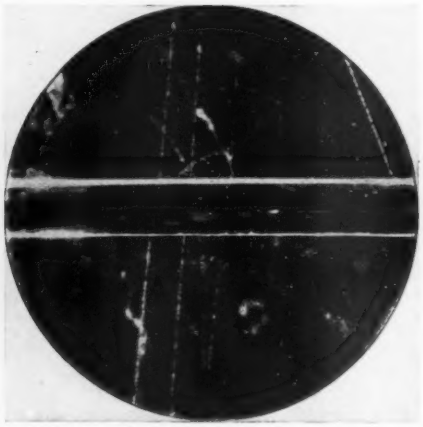
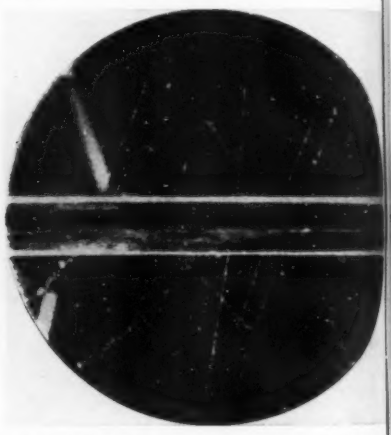


FIGURA 5 – *Dos cámaras de condensación montadas verticalmente una sobre otra y separadas por* 36 *cm. de aluminio que sirvieron para fotografiar la cascada cósmica que aparece en la figura* 2. *La cámara inferior funcionaba dentro de un campo magnético de* 1.000 *gauss. Se ve también, en el ángulo inferior de la izquierda, parte del ventilador.*







FIGURAS 6, 7, 8, – *Ejemplos de fotografías obtenidas con el aparato ilustrado en la figura* 10. *Las partículas cruzaron* 53 *cm. de plomo antes de entrar en la cámara; teniendo que atravesar además la placa central de* 2 *cm. sin multiplicarse, lo que prueba que son mesotrones.* (*Fotografías del Dr. Rochester.*)

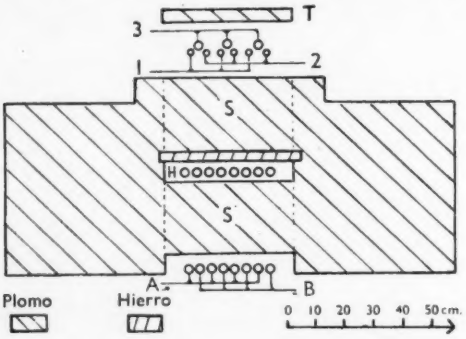


FIGURA 9 – *Aparato contador usado por Jánossy e Ingleby para probar la existencia de cascadas mesotrónicas. El peso del plomo que se utilizó en dicho experimento alcanzó* 15 *toneladas.*

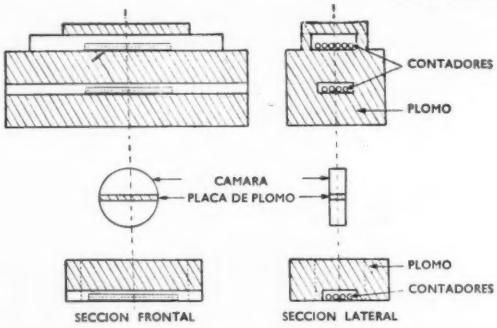


FIGURA 10 – *Disposición de la cámara de condensación con control de contadores utilizada por Rochester para fotografiar las cascadas de mesotrones. El espesor vertical total del plomo era de* 53 *cm.*

absorbidos sin producir nuevas partículas. El espesor necesario del material para producir este máximo número de partículas puede determinarse por medio de la teoría de la cascada, según la cual aumenta con la energía del electrón de origen.

La fotografía de la figura 3 está tomada en el interior de una cámara de condensación, o de Wilson, con una cascada electrónica característica del tipo descrito. Las partículas de la parte superior son electrones positivos y negativos con energías que varían entre 5×10^7 eV y 4×10^8 eV, los cuales forman parte de una cascada originada fuera de la cámara, probablemente en la atmósfera. Al pasar por una plancha de oro de 2 cm. de espesor colocada en el centro de la cámara, las partículas se multiplican aún más por idéntico proceso.

Aunque los electrones quánticos y secundarios producidos por tales procesos son proyectados en la dirección general del electrón incidente, es evidente que si este electrón-origen posee una energía muy elevada producirá un gran número de partículas secundarias que se esparcirán hasta cubrir un área considerable. La existencia en la atmósfera de cascadas de gran desarrollo fué comprobada por vez primera por Auger y sus colaboradores en 1939 [4]. Descubrieron coincidencias en los contadores de Geiger, separados por distancias de más de 300 m. El mismo año Lovell y Wilson [5] obtuvieron fotografías en la cámara de Wilson de un fragmento de estas grandes cascadas originadas en la atmósfera, colocando dos cámaras, separadas hasta una distancia de 20 m., y también con una cámara colocada verticalmente sobre la otra.

Dichas cámaras poseían un contador controlado de manera que sólo se verificasen las exposiciones cuando pasaba un gran número de electrones simultáneamente por ambas. La figura 2 es una fotografía a escala natural de una de las grandes cascadas registradas, la cual contenía, a lo menos, 50.000 partículas, aunque las cascadas de tal extensión ocurren muy infrecuentemente. La figura 5 muestra el aparato de doble cámara con que se obtuvo la fotografía mencionada.

ORIGEN DE LOS ELECTRONES DE LOS RAYOS COSMICOS

La teoría de la cascada no aborda el problema del origen del electrón incidente productor de la cascada. Con la excepción de ciertas cascadas aéreas de gran extensión, los electrones que se hallan al nivel del mar no pueden ser resultado directo de electrones primarios del espacio incidentes sobre la atmósfera terrestre, ya que el campo de acción de éstos (con excepción de los que poseen energías muy elevadas) no tendría amplitud suficiente. Sin embargo, sabemos hoy que existen otros dos procesos capaces de producir electrones o cascadas de electrones que pueden explicar satisfactoriamente el componente electrónico de los rayos cósmicos registrados al nivel del mar. Dichos procesos pueden ser: i) la desintegración del mesotrón en un electrón; ii) la producción de cascadas electrónicas por el método de choque.

Desintegración mesotrónica. Anderson y Neddermeyer [6] pudieron comprobar en 1937 que se hallaban presentes partículas intermedias de masa entre la masa del electrón y la del protón, haciéndose de inmediato evidente que dichas partículas eran la causa productora del componente « duro » o de penetración de los rayos cósmicos. Existe hoy la opinión de que la masa de dichos mesotrones es unas 180 veces mayor que la masa electrónica y que poseen la misma carga (positiva o negativa) que el electrón. Dicho tipo de partícula fué postulado por Yukawa [7] en 1935 a fin de explicar el sistema de fuerzas dentro del núcleo atómico. La teoría de Yukawa postulaba también la espontánea desintegración de dicha partícula en dos elementos: un electrón y un neutrino, tras una duración media de vida de unos 10^{-7} de segundo.

Y en efecto, muy pronto se obtuvo prueba experimental de la desintegración de los mesotrones de los rayos cósmicos, hallándose, por ejemplo, que la absorción de los mesotrones variaba en masas equivalentes de materias pesadas y de aire, lo que podía explicarse tan sólo si, en adición a una absorción que depende de la masa, existe también una pérdida independiente y espontánea de partículas que aumenta en razón directa del camino recorrido. La vida media de un mesotrón en reposo, según experimentos, es de 2×10^{-6} de segundo, bastante próxima a la predicción de Yukawa. Pruebas más directas de la desintegración del mesotrón resultaron de los trabajos de Williams y Roberts [8], en 1940, quienes obtuvieron una fotografía en una cámara de Wilson de un mesotrón detenido en el gas de la cámara y de un electrón que emerge del final del trazo del mesotrón.

La descomposición mesotrónica, por lo tanto, es uno de los procesos que dan origen a los electrones de los rayos cósmicos. Y, por añadidura, si el mesotrón se descompone cuando posee una elevada energía cinética, el electrón resultante

tendrá también gran energía y dará origen a una cascada electrónica de las ya descritas.

Cascadas por impacto. Ya hemos discutido los dos procedimientos por los cuales pierde energía un electrón al pasar a través de la materia. En el caso de los mesotrones, la teoría quántica puede predecir que el proceso principal de pérdida de energía es por colisión con electrones extranucleares que, como resultado del impacto, son capaces de producir una cascada electrónica.

Este proceso de impacto explica el componente electrónico que se halla bajo capas de plomo de gran espesor y a grandes profundidades subterráneas; pudiendo también demostrarse mediante experimentos realizados en la cámara de Wilson bajo un espesor de unos 20 cm. de plomo. La probabilidad de que un electrón de alta energía atraviese tal espesor en la forma de una partícula sin producir una cascada es negligible, por lo cual la mayoría de las partículas que aparezcan bajo el plomo serán mesotrones. Si los fotografiamos en una cámara de Wilson atravesada en el centro por una placa de plomo, producirán a veces bajo esta placa una cascada de mesotrones, como aparece, por ejemplo, en la figura 4, en la que se observa en la parte superior de la cámara una partícula que ha atravesado un espesor de plomo de unos 20 cm., siendo por lo tanto un mesotrón, que al pasar por la placa de plomo de la cámara choca con un electrón que, por impacto, origina entonces una cascada ordinaria. El tamaño y número de dichas cascadas registradas bajo tales condiciones coinciden con los cálculos teóricos basados en el mecanismo explicado.

ORIGEN DE LOS MESOTRONES

Existe hoy la opinión de que los procesos de la desintegración mesotrónica y del impacto de los mesotrones sobre los electrones pueden explicar el número de electrones de rayos cósmicos hallados al nivel del mar. El hecho de que los mesotrones se desintegren espontáneamente tras una vida de una duración media de unos 2 microsegundos significa que tienen que originarse cerca de la Tierra. Y, suponiendo que lo sean dentro de la atmósfera terrestre, los problemas de mayor importancia serán entonces: 1) ¿Cuáles son las partículas primarias?; 2) ¿Cómo se originaron los mesotrones: sólos, o en pares (positivo y negativo), o en cascadas de numerosos mesotrones simultáneos? Existía hasta el principio de la guerra la mayor incertidumbre sobre todas estas cuestiones; algunos investigadores afirmaban haber probado la existencia de cascadas de mesotrones, y en 1939 Braddick y Hensby [9] obtuvieron en una cámara de Wilson una fotografía convincente de una pareja de mesotrones; pero la solución probable del problema no se obtuvo hasta las investigaciones realizadas en Manchester durante la guerra por Jánossy, Rochester y sus colaboradores.

Experimentos con contadores. La prueba primera de la existencia de cascadas de partículas penetrantes fué obtenida por Jánossy y Ingleby [10] mediante el uso de un aparato contador ilustrado diagramáticamente en la figura 9. En el Brasíl Wataghin y sus ayudantes [11] llevaron a cabo independientemente un experimento similar.

El contador funciona registrando *coincidencias quíntuples* 1–2–3–A–B; el número de partículas que cumplen tales coincidencias queda marcado en los ocho contadores H que controlan unos pequeños indicadores de gas neón. La única interpretación posible de los resultados fué de la que las cascadas que producían las coincidencias estaban compuestas de partículas penetrantes asociadas. Además, los resultados obtenidos con y sin el absorbedor T mostraron que menos de la mitad de las cascadas de partículas penetrantes se originaban en la atmósfera, mientras que el resto se producía en el absorbedor.

Otros experimentos del mismo tipo realizados por Jánossy y Rochester [12] de 1940 a 1944 produjeron los siguientes datos adicionales:

a) Ciertas cascadas penetrantes se extienden sobre una gran área;

b) 1/3 de las cascadas penetrantes están producidas por radiaciones no-ionizantes de mayor potencia que los fotones (probablemente neutrones).

Experimentos en la cámara de Wilson. Durante 1944 Rochester [13] obtuvo 30 fotografías en una cámara de contador controlado según aparece en la figura 10. Esta cámara operaba con coincidencias séptuples, lo que significaba que el 95% de las coincidencias estaban causadas por cascadas penetrantes. 18 fotografías mostraron partículas que pasaban a través de una plancha de plomo de 2,3 cm. colocada dentro de la cámara, sin multiplicarse (lo que probaba que eran mesotrones); 9 de estas 18 fotografías mostraban el paso de dos o más partículas. Las figuras 6, 7 y 8 son ejemplos de dichas fotografías y demuestran sin dejar lugar a duda la existencia de partículas penetrantes asociadas.

Teoría del origen de los mesotrones. La teoría sugerida por Hamilton, Heitler y Peng [14] puede

ofrecer la explicación más probable de los resultados de todas estas experiencias. Según dicha teoría, las partículas incidentes se consideran protones; un mesotrón simple es el resultado de una colisión inelástica de un protón con otro protón, o con un neutrón, mientras que una cascada de mesotrones es el resultado de la colisión de un protón incidente con un núcleo atómico que contenga varios protones.

ORIGEN DE LOS RAYOS COSMICOS LAS PARTICULAS INCIDENTES SOBRE LA ATMOSFERA TERRESTRE

Los experimentos recientes y los avances teóricos parecen darnos ciertas pruebas de que las partículas de rayos cósmicos incidentes sobre la atmósfera terrestre puedan ser protones. Sin embargo, no existe explicación científica de la manera en que se originan tales partículas, o de su lugar de procedencia. Mucho se ha especulado ello, afirmándose, por ejemplo, que su origen se halla en la creación o destrucción de la materia en el espacio interestelar; mas los datos científicos que poseemos nos dicen que la intensidad con que bombardean la atmósfera terrestre es de unas 30 partículas por cm.^{2} por minuto, siendo la energía media de dichas partículas de unos 6×10^9 eV; por lo tanto, la energía recibida de dichos rayos primarios sobre la superficie terrestre será de unos $1{,}8 \times 10^{11}$ eV por cm.^{2} por minuto, y la corriente total de energía recibida sobre la superficie entera de la atmósfera representará $1{,}5 \times 10^{18}$ ergs por minuto. Y como un caballo de fuerza equivale a $7{,}46 \times 10^9$ ergs por segundo, resulta que la energía total de los rayos primarios alcanza aproximadamente $3{,}4 \times 10^6$ c.f.

EL TERCER COMPONENTE DE LOS RAYOS COSMICOS

Aunque los mesotrones (componente primario o « duro ») y los electrones y fotones (componente secundario o « blando ») son suficientes para explicar la mayoría de las partículas de rayos cósmicos halladas al nivel del mar y en la baja atmósfera, existe en realidad otro tercer componente, en cantidades casi infinitesimales, ya que representa sólo una diezmilésima parte de la intensidad total de los rayos cósmicos al nivel del mar. Contiene con toda certeza protones positivos, y existe la opinión, cada día más firme, de que contiene también protones negativos, aunque aún no se ha podido observar ninguno. También contiene neutrones o alguna partícula neutra más penetrante que los fotones, ya que de otra manera quedarían sin explicación los resultados de Jánossy y Rochester referentes a la producción en un absorbedor al nivel del mar de cascadas penetrantes.

INVESTIGACIONES FUTURAS

Las investigaciones sobre los rayos cósmicos se están convirtiendo rápidamente en un proceso de gran dificultad técnica y alto coste. Para verificar experimentalmente todos los problemas fundamentales descritos en este artículo será necesario llevar a cabo experimentos en la alta atmósfera con objeto de conocer la naturaleza de las partículas incidentes y los procesos de producción mesotrónica. Tales experimentos requerirán el ascenso de investigadores en globos estratoesféricos y la realización de trabajos a gran altitud en aviones especiales provistos de un equipo de cámaras y contadores de peso muy ligero, designados especialmente para tales experimentos. Puede también que sea necesario llevar a cabo experimentos en cohetes del tipo V2. La extensión de la medida de la distribución de la energía de los rayos al nivel del mar a energías superiores a 10^{10} eV requerirá la construcción de un poderoso electro-imán, y ya se está estudiando en Manchester la construcción de un espectrógrafo magnético a base de dos electro-imanes de 10.000 gauss. También se encuentra bajo estudio en Manchester la posibilidad de descubrir las grandes cascadas atmosféricas por medio del Radar.

BIBLIOGRAFIA

[1] BETHE y HEITLER. *Proc. roy. Soc.*, 1934, **146**, 83.
[2] BHABHA y HEITLER. *Proc. roy. Soc.*, 1937, **159**, 432.
[3] CARLSON y OPPENHEIMER. *Phys. Rev.*, 1937, **51**, 220.
[4] AUGER, MAZE, EHRENFEST, y FRÉON. *Jour. de Phys.*, 1939, **10**, 39.
[5] LOVELL y WILSON. *Nature*, 1939, **144**, 863.
[6] ANDERSON y NEDDERMEYER. *Phys. Rev.*, 1937, **51**, 884.
[7] YUKAWA. *Proc. Phys. Math. Soc.*, Japan, 1935, **17**, 48.
[8] WILLIAMS y ROBERTS. *Nature*, 1940, **145**, 102.
[9] BRADDICK y HENSBY. *Nature*, 1939, **144**, 1012.
[10] JÁNOSSY y INGLEBY. *Nature*, 1940, **145**, 511.
[11] WATAGHIN, SOUZA SANTOS, y POMPEIA. *Phys. Rev.*, 1940, **57**, 61.
[12] JÁNOSSY y ROCHESTER. *Proc. roy. Soc.*, 1943, **182**, 180; JÁNOSSY, ROCHESTER, y BROADBENT. *Nature*, 1945, **155**, 142.
[13] ROCHESTER. *Nature*, 1944, **154**, 399.
[14] HAMILTON, HEITLER, y PENG. *Phys. Rev.*, 1943, **64**, 78.

Revista de libros

NATURALEZA Y USOS DE LOS COLOIDES

Colloids. Their Properties and Applications, *por A. G. Ward.* 133 *págs. Blackie & Son Limited, Londres.* 1945. *Precio neto:* 5*s.*

Este admirable tratadito reseña muy justamente, y para uso del lector no especialista, las propiedades de los coloides, los métodos usados en su investigación, y algunas de sus principales aplicaciones en la industria; sus aplicaciones biológicas están también reseñadas, pero con menor detalle. Incluye un resumen breve y claro de las opiniones modernas sobre la estructura atómica de la materia y la fuerza de cohesión en ella. Entre los coloides industriales estudiados se hallan: la goma, incluyendo las gomas sintéticas, fibras naturales y sintéticas, arcillas, pigmentos, aglutinantes, etc. No es intención del autor entrar en detalles, pero la manera clara en que nos presenta los problemas de química física y orgánica de dichas materias, relacionándolos con sus valiosas propiedades, ha de ser muy difícil de mejorar en espacio tan reducido. El libro no pretende ser un texto detallado; pero muy bien puede ponerse en manos de un estudiante a punto de comenzar su trabajo sobre los coloides.

N. K. ADAM

INTRODUCCION A LA MECANICA ONDULATORIA

Elementary Wave Mechanics, *por W. Heitler.* *viii* + 136 *págs. University Press, Oxford.* 1945. *Precio neto:* 7*s.* 6*d.*

El Profesor Heitler — al presente en el Instituto de Altos Estudios de Dublín — es bien conocido como distinguido investigador en el campo de la teoría quántica de la radiación; y, en colaboración con London fué el primero en iniciar la verdadera comprensión de la teoría quántica del enlace químico. Y como debiera esperarse tras su libro anterior sobre la radiación, la presente obra sobre la mecánica ondulatoria elemental, es muy clara y precisa; puede, en verdad, decirse que es posible leer el libro de una sentada sin sentir cansancio. Va dirigido a quienes no tengan previo conocimiento de la materia, ni excesiva preparación matemática. La parte matemática está reducida al mínimo, pero por medio de un acertado método de exposición todo se explica claramente, o se hacen al menos plausibles las secciones más complicadas del estudio. Es muy agradable encontrarse con un libro que justifica su título de *elemental* sin caer en trivialidades.

Es imposible que una obra de 136 páginas lo comprenda todo, aunque se trate de un libro elemental. Y es gran lástima tener que echar de menos el estudio de los problemas de dispersión, de la estructura nuclear, de la cohesión metálica, de los osciladores y rotores armónicos, de las normas de selección, temas todos ellos que siempre encuentran espacio en los textos más elementales. De todos modos, dentro del restringido esquema que se ha impuesto, nos da el autor un relato extremadamente preciso de la derivación y significado de la ecuación ondulatoria de Schrödinger y de su aplicación en la estructura del átomo y la formación de moléculas. Lo que en el libro hay, bien está; pero es lástima que no haya más en él.

C. A. COULSON

LOS RAYOS X EN EL ESTUDIO DE LOS METALES

An Introduction to X-ray Metallography, *por A. Taylor.* 400 *págs. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. *Precio neto:* 36*s.*

Han adquirido los Rayos X tal importancia en el estudio de los metales que es necesario que todo investigador metalúrgico posea un determinado conocimiento de la materia. El libro del Dr. Taylor cumple a la perfección este propósito de describir los métodos de aplicación de los Rayos X para el estudio de las estructuras metálicas, y los principales resultados obtenidos. La información en él contenida ayudará al investigador a seleccionar el tipo más útil de tubo y de pantalla para un objeto determinado, conteniéndose también un estudio de la influencia de la ordenación atómica de un sólido sobre la dispersión de los Rayos X, de los medios para determinar los límites fásicos en los diagramas de equilibrio termal y de la contextura de las estructuras deformadas mecánicamente, así como de la medida de la granulación. Aparece además una descripción final del uso de la radiografía para el examen de las vaciaduras y forjaduras, uso éste que no depende de la estructura cristalina. Se incluye aquí una sección de micro-radiografía, mediante el empleo de finísimas secciones de aleaciones, un método que fué empleado por Heycock a raíz del descubrimiento de los Rayos X. Esta obra, que presenta una completa explanación teórica acompañada de numerosas ilustraciones de sus aplicaciones, debe ser de gran utilidad para todo metalógrafo; siendo además de alta calidad en lo que a presentación se refiere.

C. H. DESCH

EN PRO Y EN CONTRA DE LOS ABONOS QUIMICOS

Chemicals, Humus and the Soil, *por Donald P. Hopkins.* 278 *págs. Faber & Faber Limited, Londres.* 1945. *Precio neto:* 12*s.* 6*d.*

He aquí un libro admirable. Examina simple y objetivamente, lo mismo que un juez que resume un juicio ante un jurado, las acusaciones de los que favorecen el humus y atacan los abonos químicos. El libro es, en realidad, eso: un resumen judicial, dividido en dos secciones: I, la defensa de los abonos; II, la acusación contra los abonos. La primera sección repite razonamientos bien conocidos, presentando todas las pruebas científicas en forma justa y moderada. Pero en la presentación de la segunda sección es donde se distingue nuestro autor. Porque hubiera sido bien fácil tomar como blanco de sus burlas las exageraciones románticas de los partidarios del «estiércol y misterio», en vez de lo cual el autor se concentra en el análisis de las afirmaciones de los escritores defensores del humus más sensatos. Es una tarea bien difícil, ya que muchos de éstos son consumados guerrilleros dialécticos. Pero en esta segunda sección nuestro autor los copa y demuestra convincentemente que todas las pruebas en favor del humus — y las hay en abundancia — no son por necesidad contrarias a los fertilizantes, llegando a la conclusión de que ambos elementos, humus y fertilizantes, son igualmente necesarios; son complementarios, no antagónicos. Y lo que es más, una civilización basada en un abono puramente orgánico ha sido, desde hace ya muchos años, una completa imposibilidad.

B. A. KEEN